

PEDRO LUIS FAGGION

**CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE
UM SISTEMA DE AFERIÇÃO DE MIRAS NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas para obtenção do Grau de Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Milton de A. Campos

CURITIBA
1993

CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE AFERIÇÃO DE MIRAS NA UFPR.

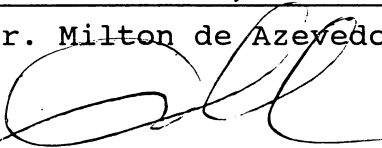
por

PEDRO LUIS FAGGION

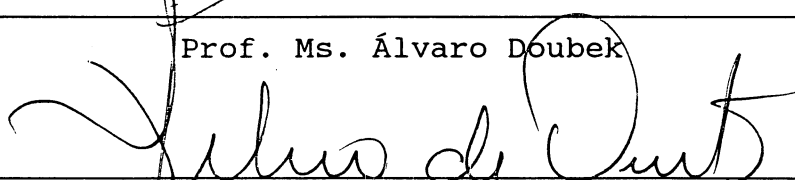
Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Ciências no Curso de
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pela comissão
formada pelos professores.



Prof. Dr. Milton de Azevedo Campos



Prof. Ms. Álvaro Doubek



Prof. Dr. Sílvio Rogério Correia de Freitas

ORIENTADOR

MILTON DE AZEVEDO CAMPOS

- Doutor em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná.
- Professor Adjunto do Departamento de Geociências do Setor de Tecnologia da UFPr.

CO - ORIENTADOR

ÁLVARO DOUBEK

- Mestre em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná.
- Professor Adjunto aposentado do Departamento de Geociências do Setor de Tecnologia da UFPr.

A meus Pais: **Alfredo e Celestina**

À minha Esposa: **Ana Tereza**

A meus filhos: **Arthur e Heloisa**

AGRADECIMENTOS

Aos professores e servidores técnicos administrativos do Departamento de Geociências, bem como aos colegas do curso de Pós-Graduação pela amizade, incentivo e constante apoio para a realização deste trabalho.

Meu agradecimento especial para os seguintes profissionais:

Ana Tereza Zimmermann Faggion, Pedagoga, pelo auxílio na revisão dos originais e pela compreensão como esposa.

Alvaro Doubek, Mestre em Ciências Geodésicas, prof. adjunto aposentado do Departamento de Geociências, pelo acompanhamento e orientação segura na aplicação dos métodos.

Carlos Aurélio Nadal, Mestre em Ciências Geodésicas, prof. titular do Departamento de Geociências, pelas palavras certas nas incessantes discussões realizadas sobre as técnicas utilizadas.

Neusa T. P. Stahlschmidt, Mestre em Ciências da Educação, prof^a. adjunto e chefe do Departamento de Geociências pela atenção dispensada à revisão final dos originais.

Maria Aparecida Z. Zanetti, Mestre em Ciências Geodésicas e prof^a. assistente do Departamento de Geociências, pelo auxílio prestado na obtenção dos dados.

Milton de Azevedo Campos, Doutor em Ciências Geodésicas e prof. adjunto do Departamento de Geociências, orientador do presente trabalho pela estimada ajuda.

Agnaldo Lapa Souza. Jr., Eng. Cartógrafo, pelas sugestões e auxílio oportunos quando da confecção do programa computacional para transferência dos dados.

SUMÁRIO

| | Página |
|------------------------|--------|
| DEDICATÓRIA | iv |
| AGRADECIMENTO | v |
| SUMÁRIO | vi |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE TABELAS | xii |
| RESUMO | xiii |
| ABSTRACT | xiv |

| | |
|------------------|----|
| INTRODUÇÃO | 01 |
|------------------|----|

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

| | | |
|--------|---|----|
| 1.1. | GENERALIDADES | 03 |
| 1.2. | MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR | 03 |
| 1.3. | CONFIGURAÇÃO E DISPOSIÇÃO DO LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO DA UFPR | 06 |
| 1.3.1. | Configuração do sistema de aferição | 07 |
| 1.4. | INTERFEROMETRIA | 11 |
| 1.4.1. | Considerações | 11 |
| 1.4.2. | O interferômetro de A.A. Michelson | 11 |
| 1.4.3. | Princípio de funcionamento do interferômetro HP utilizado | 14 |
| 1.4.4. | Especificações técnicas do interferômetro HP | 19 |

CAPÍTULO II

AFERIÇÃO DE MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR COM SISTEMA ÓTICO-MECÂNICO DE PONTARIA

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | INTRODUÇÃO | 21 |
| 2.2. | CLIMATIZAÇÃO DA SALA | 22 |
| 2.3. | INICIALIZAÇÃO DO SISTEMA INTERFEROMÉTRICO | 24 |
| 2.3.1. | Generalidades | 24 |
| 2.3.2. | Seqüência de operações | 28 |
| 2.4. | METODOLOGIA UTILIZADA NA AFERIÇÃO DAS MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR | 30 |
| 2.4.1. | Posicionamento da mira para aferição | 30 |
| 2.4.2. | Medidas das distâncias | 31 |
| 2.5. | RESULTADOS OBTIDOS | 34 |

CAPÍTULO III

ALINHAMENTO DOS TRILHOS

| | | |
|----------|---|----|
| 3.1. | INTRODUÇÃO | 39 |
| 3.2. | DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS | 40 |
| 3.2.1. | Auto-colimação | 40 |
| 3.2.1.1. | Definições | 40 |
| 3.2.1.2. | Características dos equipamentos utilizados | 42 |
| 3.2.1.3. | Procedimento | 45 |
| 3.2.1.4. | Resultados | 47 |
| 3.2.2. | Nivelamento geométrico de precisão | 48 |
| 3.2.2.1. | Definição | 48 |
| 3.2.2.2. | Método de visadas iguais | 48 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.2.3. | Características dos equipamentos utilizados | 50 |
| 3.2.2.4. | Procedimento | 53 |
| 3.2.2.5. | Resultados | 55 |
| 3.2.3. | Nivelamento com nível eletrônico "TALYVEL" | 56 |
| 3.2.3.1. | Generalidades | 56 |
| 3.2.3.2. | Especificações técnicas dos equipamentos | 57 |
| 3.2.3.3. | Princípio de funcionamento | 57 |
| 3.2.3.4. | Procedimento | 58 |
| 3.2.3.5. | Resultados | 59 |
| 3.2.4. | Análise dos métodos utilizados | 60 |
| 3.2.4.2. | Auto-colimação | 60 |
| 3.2.4.3. | Nivelamento geométrico de precisão | 60 |
| 3.2.4.4. | Nível eletrônico "TALYVEL" | 61 |

CAPÍTULO IV

AFERIÇÃO DE MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR COM SISTEMA ELETRÔNICO

| | | |
|----------|--------------------------------------|----|
| 4.1. | INTRODUÇÃO | 62 |
| 4.2. | EQUIPAMENTO UTILIZADO | 63 |
| 4.2.1. | Características técnicas | 63 |
| 4.3. | SISTEMA ELETRÔNICO DE LEITURAS | 67 |
| 4.3.1. | Tração do carrinho | 67 |
| 4.3.2. | O microscópio fotoelétrico | 69 |
| 4.3.2.1. | Princípio de medida | 69 |
| 4.3.2.2. | Apresentação prática | 70 |
| 4.3.3.3. | Contraste | 71 |
| 4.4. | TRANSFERÊNCIA DOS DADOS | 72 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4.5. | METODOLOGIA UTILIZADA NA AFERIÇÃO DAS MIRAS | 72 |
| 4.5.1. | Correções devidas ao não alinhamento dos trilhos .. | 73 |
| 4.5.2. | Instalação do microscópio fotoelétrico | 75 |
| 4.5.2.1. | Focalização dos traços da mira vertical de ínvar .. | 76 |
| 4.5.2.2. | Focalização do microscópio fotoelétrico | 77 |
| 4.5.3. | Iluminação, velocidade e sensibilidade ideais para as medidas | 78 |
| 4.6. | PROCESSAMENTO DOS DADOS | 81 |
| 4.7. | RESULTADOS | 84 |

CAPÍTULO V

ANÁLISE DOS RESULTADOS

| | | |
|------|---|----|
| 5.1. | SISTEMA ÓTICO-MECÂNICO DE PONTARIA | 86 |
| 5.2. | SISTEMA DE LEITURAS COM MICROSCÓPIO FOTOELÉTRICO .. | 87 |
| 5.3. | COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS MÉTODOS | 88 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

| | | |
|------|---------------------|----|
| 6.1. | CONCLUSÕES | 89 |
| 6.2. | RECOMENDAÇÕES | 91 |

| | |
|---------------------|----|
| ANEXOS | 92 |
|---------------------|----|

| | |
|---|-----|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 132 |
|---|-----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 01 - Mira vertical de ínvar | 04 |
| FIGURA 02 - Nível esférico | 05 |
| FIGURA 03 - Planta do laboratório | 07 |
| FIGURA 04 - Vista lateral do sistema | 09 |
| FIGURA 05 - Sistema de fixação dos tubos de aço nos pilares | 10 |
| FIGURA 06 - Interferômetro de A.A. Michelson | 12 |
| FIGURA 07 - Esquema do princípio de funcionamento do interferômetro HP 10766A | 15 |
| FIGURA 08 - Temporizador | 22 |
| FIGURA 09 - Painel frontal da unidade de processamento do sistema interferométrico .//..... | 25 |
| FIGURA 10 - Apoio da mira considerando os pontos de Bessel | 31 |
| FIGURA 11 - Detalhe do carrinho | 32 |
| FIGURA 12 - Detalhe do campo de visada do operador através da luneta/ leitura do mostrador e valor médio | 33 |
| FIGURA 13 - Gráfico representando a aferição do lado direito da mira, com variação de temperatura .. | 37 |
| FIGURA 14 - Gráfico representando a aferição do lado esquerdo da mira, com variação de temperatura . | 37 |
| FIGURA 15 - Auto-colimação | 41 |
| FIGURA 16 - Teodolito WILD T2 e colimador adaptados..... | 42 |
| FIGURA 17 - Ocular de colimação | 43 |
| FIGURA 18 - Espelho plano montado perpendicularmente a uma base com três parafusos calantes | 44 |
| FIGURA 19 - Representação da média com seus desvios padrões pontuais | 47 |
| FIGURA 20 - Representação do método de visadas iguais | 49 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 21 - Nível WILD N3 | 51 |
| FIGURA 22 - Mira horizontal com alvos nos extremos | 52 |
| FIGURA 23 - Representação da média com seus desvios padrões pontuais | 55 |
| FIGURA 24 - Nível eletrônico "TALYVEL 3" | 56 |
| FIGURA 25 - Princípio de funcionamento do NECS | 58 |
| FIGURA 26 - Representação da média com seus desvios padrões pontuais | 59 |
| FIGURA 27 - Servoconversor | 64 |
| FIGURA 28 - Composição do microscópio eletrônico | 66 |
| FIGURA 29 - Sistema de tração do carrinho | 68 |
| FIGURA 30 - Representação do sistema de leitura do microscópio eletrônico | 69 |
| FIGURA 31 - Representação da alteração dos díodos com alteração do potencial | 70 |
| FIGURA 32 - Comparação dos resultados obtidos aferindo o metro padrão de ínvar utilizando o micrômetro para obter o paralelismo entre as leituras e utilizando as correções | 74 |
| FIGURA 33 - Detalhe dos tubos do microscópio eletrônico ... | 76 |
| FIGURA 34 - Fluxograma do processamento dos dados para obtenção do certificado de aferição | 83 |
| FIGURA 35 - Gráfico da aferição da mira vertical de ínvar nº 38422 (lado direito) | 85 |
| FIGURA 36 - Gráfico da aferição da mira vertical de ínvar nº 38422 (lado esquerdo)..... | 85 |
| FIGURA 37 - Comparação entre os resultados de aferição mira vertical de ínvar nº38422 com o sistema ótico-mecânico de leitura e com o microscópio fotoelétrico | 88 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 01 - Aferição das graduações do lado direito da mira de ínvar "ZEISS" - Nº 38422 | 35 |
| TABELA 02 - Aferição das graduações do lado esquerdo da mira de ínvar "ZEISS" - Nº 38422 | 36 |
| TABELA 03 - Resultado da aferição da mira vertical de ínvar nº 38422 da marca " ZEISS", na temperatura de 20 °C | 84 |

RESUMO

Considerando-se a importância da aferição das miras verticais de ínvar e a inexistência de equipamentos específicos para esse fim em nosso país, orientou-se o presente trabalho como uma contribuição para implantação de um sistema de aferição de miras na UFPR, seus testes, sua certificação e em especial, sistematizando os procedimentos como orientação para futuros usuários.

Indicam-se os resultados da aferição de uma mira vertical de ínvar utilizando-se os sistemas de leituras ótico-mecânico e de microscópio fotoelétrico.

Comparam-se os resultados obtidos com os dois métodos, e demonstra-se as vantagens que o sistema de leitura com microscópio fotoelétrico apresenta sobre o sistema de leituras ótico-mecânico.

ABSTRACT

Considering the importance on the calibration invar level rods, and the inexistence of especific equipment to this finality in our country; this work has been directed as a contribution to implant a kind of calibration system at UFPR, its test, its certification and, specially systematizing the proceedines as an orientation to future user.

The results of invar mark vertical calibration, using the optical-mechanic of reading system, and else, the photoelectric microscope are shown.

Indicate the results got through the two methods and the advantage that reading system with photoelectric microscope has had comparing with another system.

INTRODUÇÃO

A aferição de miras verticais de ínvar consiste em se determinar o afastamento entre o centro dos traços gravados com um padrão de comprimento.

Pode-se dizer que a implantação de um sistema de aferição desses equipamentos na Universidade Federal do Paraná, vem sendo estudado desde 1980, nessa época, encaminhou-se a primeira mira vertical de ínvar para o INMETRO no Rio de Janeiro com a finalidade de fazer uma aferição.

Mais tarde, em 1987 foi encaminhada a mesma mira para o SENAI de São Leopoldo-RS. Fazendo-se a comparação dos resultados de aferição do mesmo equipamento obtidos pelos dois órgãos acima citados, observou-se que os resultados apresentados não eram compatíveis entre si (DOUBEK, 1988).

A partir de então, a idéia já existente de se montar um laboratório para a aferição desses equipamentos na UFPR foi tomando forma.

Em 1988, através do convênio Brasil-República Federal da Alemanha, montou-se no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, um sistema para aferição desses equipamentos, utilizando-se um interferômetro a LASER para efetuar as medidas dos intervalos entre esses traços.

Neste trabalho, será mostrado como foi implantado o sistema de aferição de miras verticais de ínvar no laboratório de aferição de equipamentos topográficos e geodésicos da Universidade Federal do Paraná.

Mostra-se também a aferição de miras verticais de invar com sistema ótico-mecânico de pontaria e com microscópio fotoelétrico, bem como, os resultados obtidos em cada método, a comparação entre eles, indicando as desvantagens do sistema ótico-mecânico de leituras em relação ao sistema de leituras com o microscópio fotoelétrico.

No desenvolvimento do sistema de aferição com o microscópio fotoelétrico fez-se necessário determinar o não horizontalismo dos trilhos onde se desloca o sistema de leituras. Na seqüência do trabalho apresenta-se uma análise sobre os métodos e os resultados obtidos.

CAPÍTULO I CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 - GENERALIDADES

A aferição de miras verticais de ínvar é tema discutido no Brasil desde os primeiros trabalhos de nivelamento geométrico de primeira ordem. Um exemplo disso é o manual de nivelamento geométrico publicado pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (BRASIL, 1960) onde é dedicada parte de um capítulo para comentar sobre a necessidade de se fazer aferição nestes equipamentos.

O comentário e a orientação é no sentido do comprimento real da fita de ínvar, da qualidade da gravação dos traços e em relação a constante da mira.

Algumas décadas depois conseguiu-se implantar na Universidade Federal do Paraná um sistema capaz de efetuar a aferição destes equipamentos, ou seja, determinar com precisão do micron a distância entre os traços gravados na fita de ínvar.

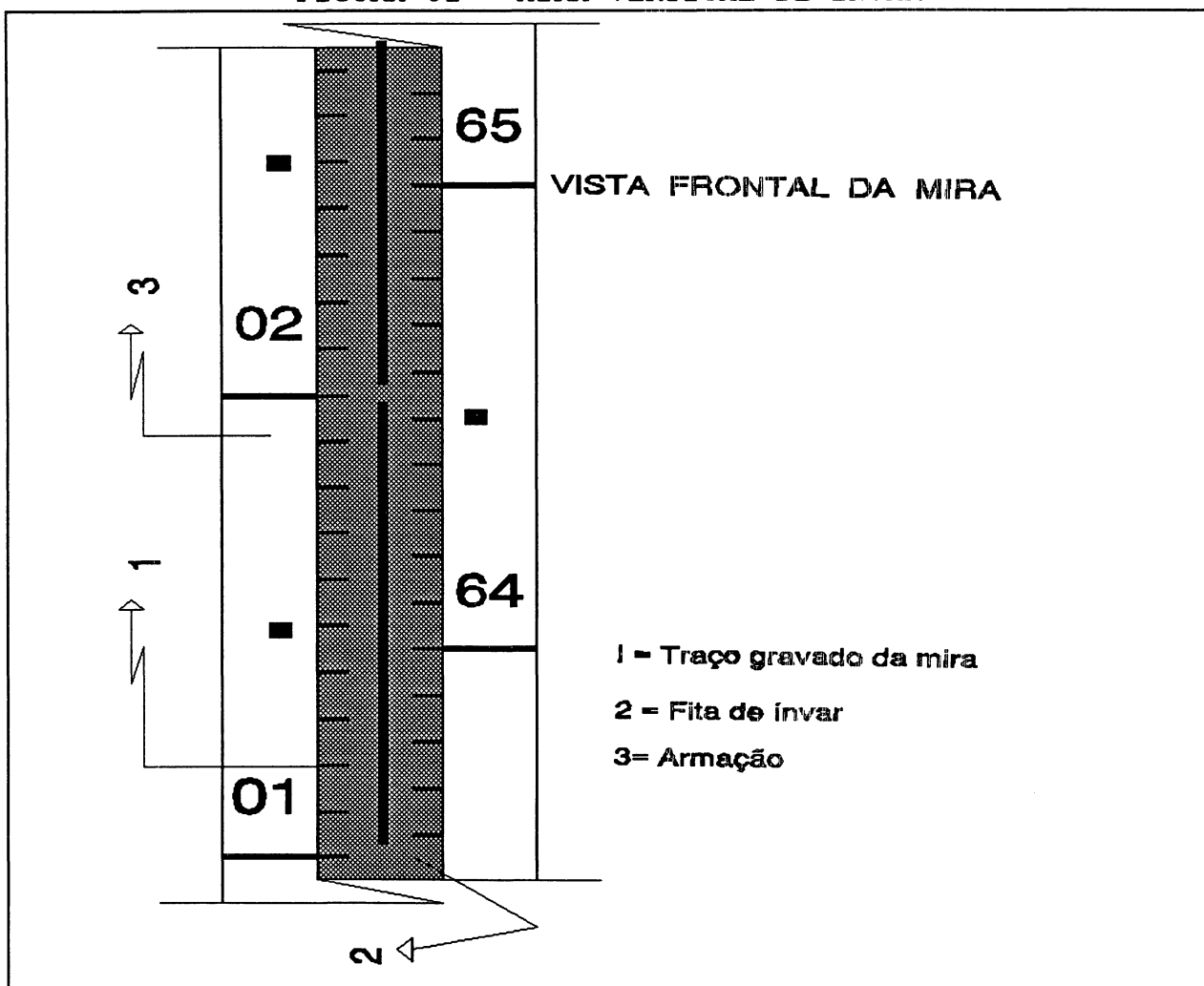
Com o sistema de aferição proposto neste trabalho, é possível fornecer ao proprietário do equipamento um certificado de aferição com dados para que seja feita a correção nas medidas obtidas no campo.

1.2 - MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR

As miras verticais de ínvar, utilizadas em nivelamento geométrico de primeira ordem, em geral são réguas de 3m de comprimento, formadas basicamente de 4 partes que podem ser divididas da seguinte maneira:

- a) Armação
- b) Fita de ínvar
- c) nível esférico
- d) alças

FIGURA 01 - MIRA VERTICAL DE ÍNVAR



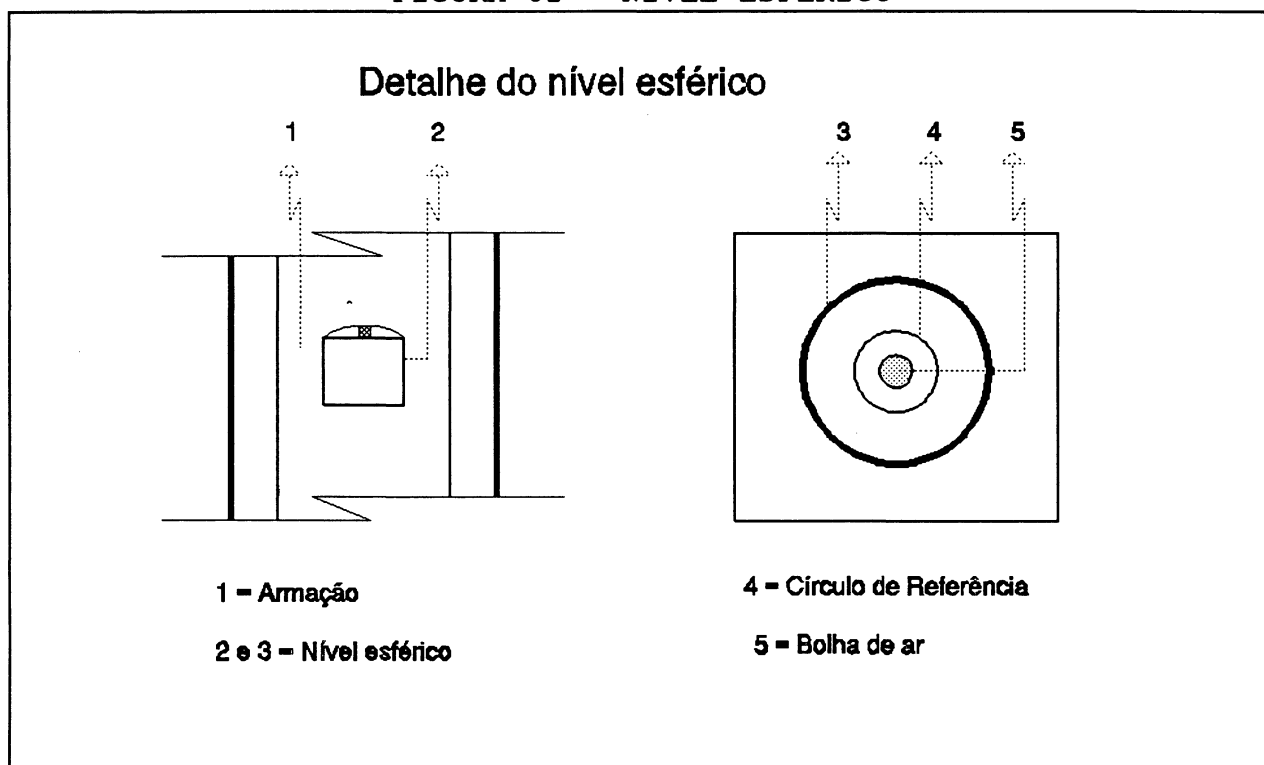
Armação - É a parte externa da mira. Pode ser confeccionada em madeira ou em alumínio (por serem materiais leves). Essa armação contém as graduações grosseiras e nela está

fixada a fita de ínvar que apresenta as graduações de precisão.

Fita de ínvar - Construída em liga metálica com 63,8% de aço, 36% de níquel, e 0,2% de carbono (AULETE, 1985) e cujo coeficiente de dilatação linear é muito pequeno. Nesta fita estão gravados traços intercalados de 1cm ou 0,5cm. Estas gravações são feitas nas bordas da fita, com uma defasagem entre elas que determina a constante da mira.

Nível esférico - É fixo na parte posterior da mira e serve para o operador manter a verticalidade da mesma quando utilizada em trabalhos de campo. Este nível tem uma precisão de 8 minutos de arco em 2 milímetros.

FIGURA 02 - NÍVEL ESFÉRICO



Alças - São fixas na armação e servem para o operador manter a mira na vertical em operações normais. Em casos especiais a mira pode ser mantida na vertical com o auxílio de duas peças adicionadas formando um tripé.

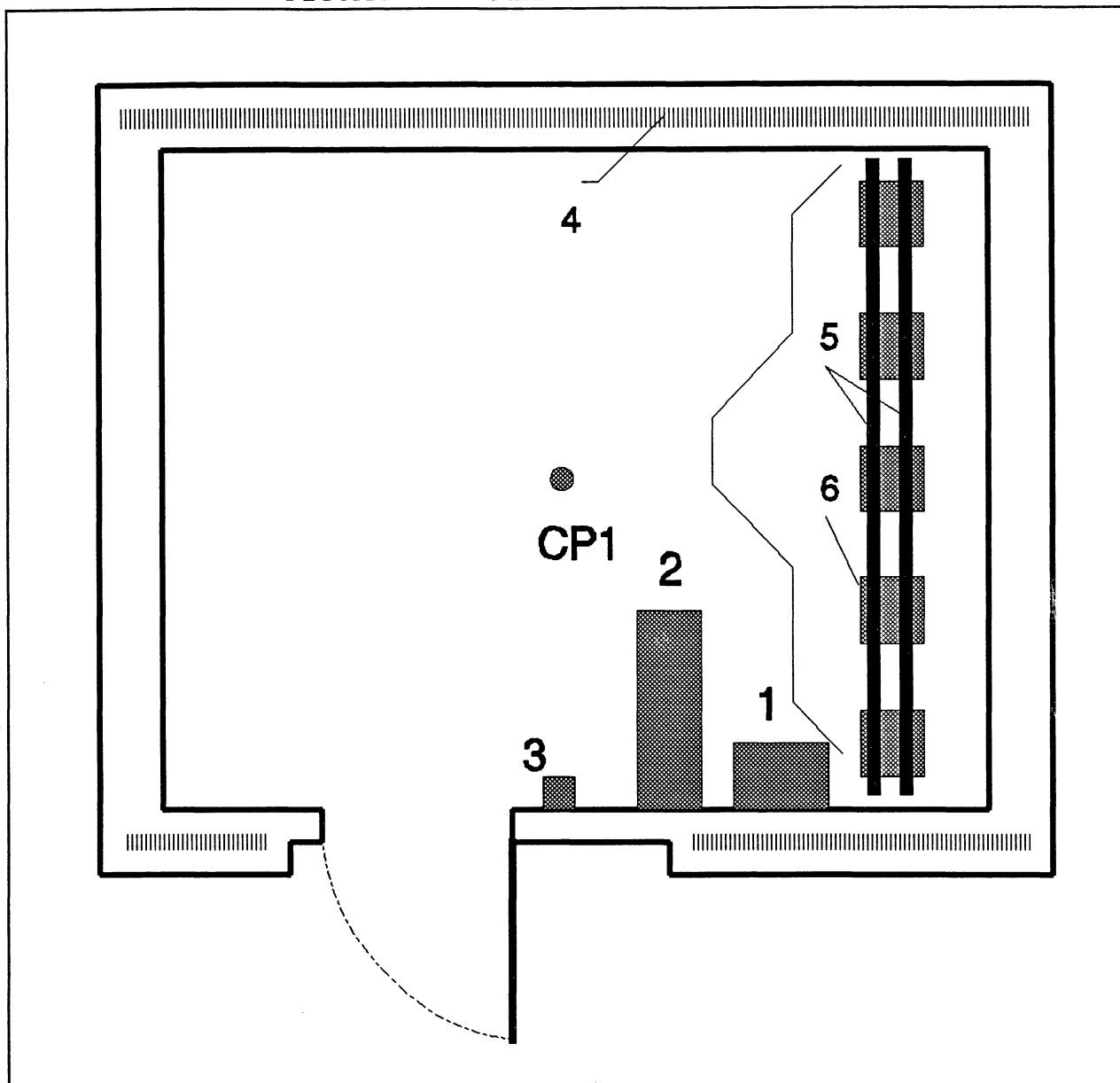
As miras das marcas Zeiss e Kern são em sua maioria semicentimétricas, ou seja, os espaços entre as gravações da fita são de 0,5 centímetro. Já as miras da marca Wild são em sua maioria centimétricas, logo os afastamentos entre as gravações são de 1 centímetro.

A fita de ínvar é fixada na parte inferior da armação por um sistema de parafusos, e na parte superior por uma mola espiral sob tensão, mantendo assim a fita de ínvar isenta de possíveis variações de comprimento da armação, que tem um coeficiente de dilatação maior.

1.3. CONFIGURAÇÃO E DISPOSIÇÃO DO LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO DA UFPR

O laboratório de aferição de equipamentos topográficos e geodésicos da UFPR, está montado na sala PI05, do bloco VI, do Setor de Tecnologia, onde sua atividade primeira é a aferição de miras verticais de ínvar, podendo também realizar verificação e retificação de outros equipamentos topográficos e geodésicos.

FIGURA 03 - PLANTA DO LABORATÓRIO



1 - Mesa; 2 - Armários; 3 - Barômetro de mercúrio;
4 - Isolamento térmico; 5 - Tubos de aço; 6 - Pilar
CP1 - Estação referência de gravimetria absoluta do Brasil

1.3.1 Configuração do Sistema de Aferição

A sala do laboratório é equipada com um sistema de condicionamento de ar. Com este sistema é possível manter a sala na

temperatura desejada para os trabalhos de aferição, podendo também fazer variar a temperatura num intervalo de 14 °C a 29 °C.

Para conseguir a estabilidade da temperatura ambiente , todas as janelas e portas foram vedadas e isoladas com isopor de 4cm de espessura. (No capítulo II calibração de miras verticais de ínvar com sistema mecânico esse tema será abordado com maior clareza).

O sistema base de aferição de miras verticais de ínvar é composto do seguinte.

- a) Emissor do "LASER";
- b) contador e mostrador;
- c) interferômetro;
- c) pilar;
- d) tubos de aço;
- e) sistema de fixação dos tubos;
- f) carrinho;
- g) suporte para os equipamentos a serem aferidos.

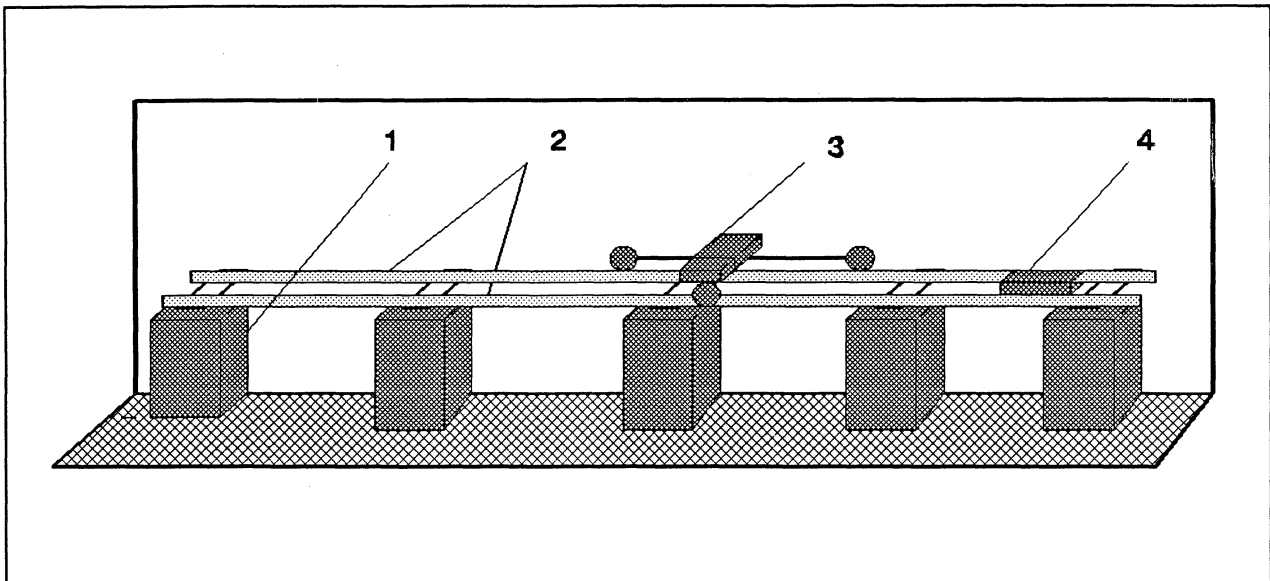
Emissor do Laser - emite radiação visível fortemente monocromática e coerente, denominado sinal Laser (He - Ne) "Light amplification by stimulated emission of radiation" (FERREIRA, 1980).

Contador e Mostrador - consiste basicamente de um processador matemático que transforma a diferença de fase da onda eletromagnética em distância.

Interferômetro - divide o feixe laser em dois, desviando um para um refletor fixo e o outro para um refletor móvel, recombinando-os após a reflexão.

Pilares - em numero de 5, com afastamento entre sí de 1 metro. A construção externa é de tijolos, e seu interior de concreto armado, engastados na laje do piso. Sobre estes pilares está fixado o suporte dos tubos de aço (fig 03)

FIGURA 04 - VISTA LATERAL DO SISTEMA



1 - Pilar; 2 - Trilho; 3 - Carrinho; 4 - Emissor de Laser.

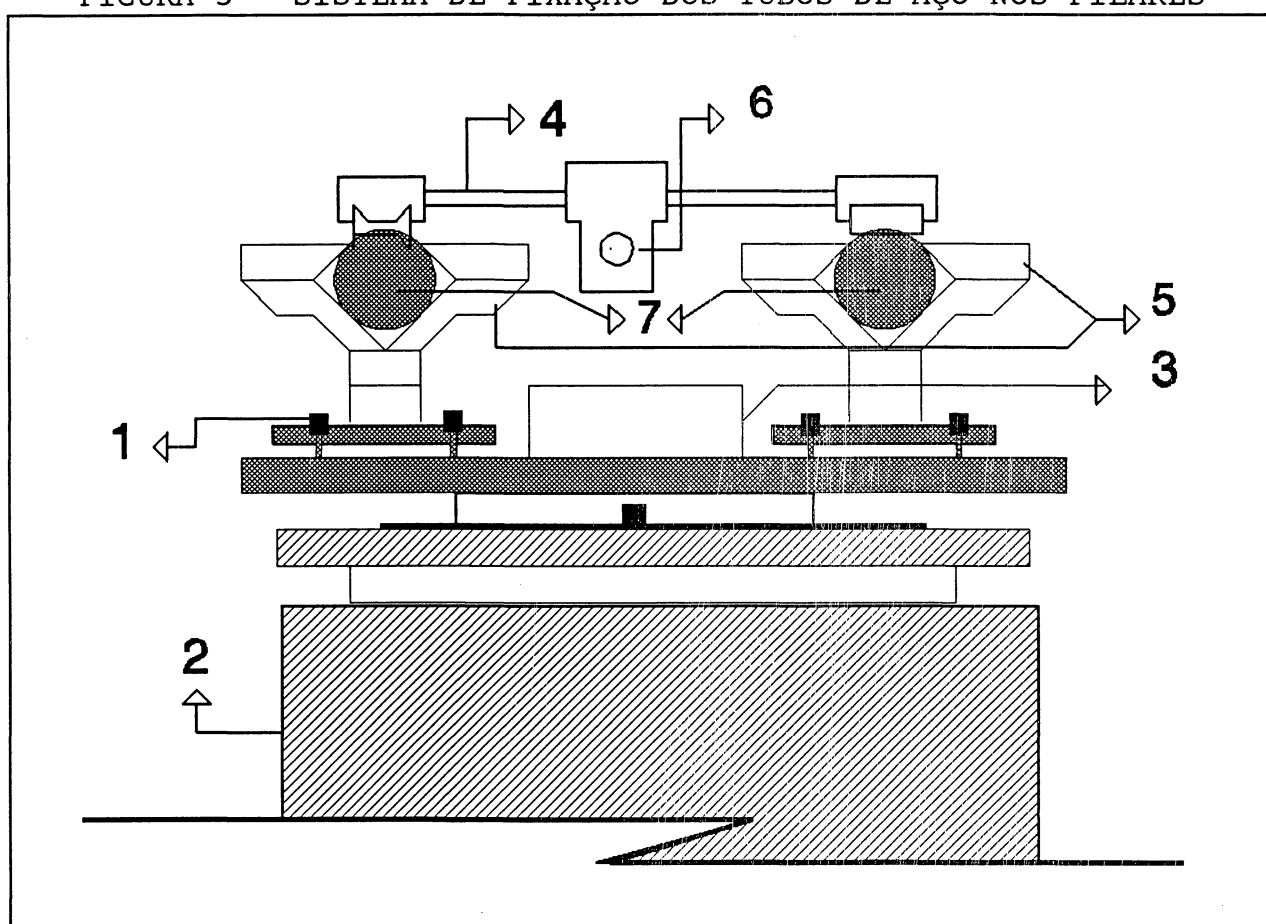
Tubos de aço - São tubos de 5m de comprimento, cujo diâmetro interno é de 5,8 cm e externo de 6,0 cm.

Sistema de fixação dos tubos de aço - é constituído por peças de alumínio que possuem três parafusos calantes para colocar os tubos paralelos e em posição horizontal.

Carrinho - apoiado em três rodas, que se desloca sobre os trilhos. Contém o refletor do interferômetro, um nível de precisão, e uma luneta para as pontarias.

Suporte de apoio para os equipamentos a serem aferidos - consiste em uma barra vazada de alumínio com as seguintes especificações: paredes externas 4,0cm x 7,5cm paredes internas 3,8cm x 7,3cm com 5m de comprimento.

FIGURA 5 - SISTEMA DE FIXAÇÃO DOS TUBOS DE AÇO NOS PILARES



1 - Parafuso calante; 2 - Pilar; 3 - Suporte de apoio dos equipamentos a serem aferidos; 4 - Carrinho; 5 - Sistema de fixação dos tubos de aço; 6 - Suporte do refletor móvel do interferômetro; 7 - Tubos de aço

1.4 INTERFEROMETRIA

2.4.1 Considerações

O princípio de interferência ótica é usado em interferômetros métricos. Estes interferômetros são usados para determinar distâncias curtas com alta precisão, podendo também ser utilizados para definir o metro.

Em 1880, A.A. Michelson construiu o primeiro interferômetro na Alemanha, e em 1889 foi realizada a primeira medida do metro utilizando uma fonte de luz, por este feito, Michelson recebeu o prêmio Nobel de Física. (RÜEGER, 1989)

1.4.2 Interferômetro de A.A Michelson

A.A. MICHELSON, utilizou-se de um espelho semi-espelhado para dividir o raio luminoso em duas partes, de tal maneira que cada uma é refletida por um espelho, e depois novamente recombinadas no mesmo espelho semi-espelhado e direcionadas para um plano (Fig.06).

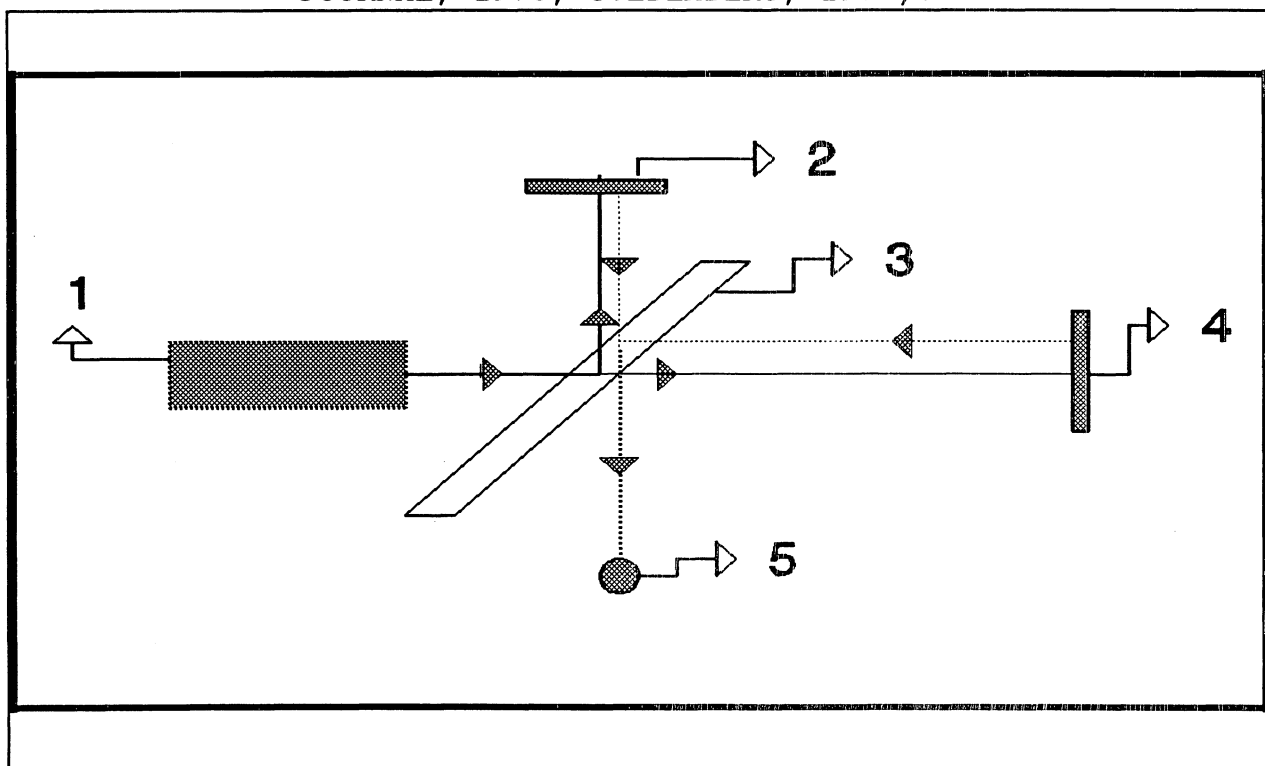
"Admitindo os espelhos exatamente alinhados e fixos, o observador vê uma intensidade de luz constante; porém se um dos espelhos sofrer um deslocamento lento, o observador verá um aumento ou um decréscimo de intensidade da luz a medida que os dois caminhos de luz se somam ou se cancelam.

Cada meio comprimento de onda oriundo do deslocamento do espelho representa uma mudança total do percurso ótico e uma alteração completa de um ciclo na intensidade da luz.

Se o comprimento de onda da luz for conhecido, o deslocamento do espelho pode ser determinado com muito rigor. É importante observar que a distância só pode ser determinada pelo deslocamento, ou seja, em interferometria a distância só é determinada pelo deslocamento relativo.

Para transformar o princípio de Michelson em um equipamento eletrônico é necessário o uso de fotocélula para converter as variações de intensidade do sinal luminoso em sinal elétrico e um contador eletrônico para determinar os ciclos de variação de intensidade do sinal (DOUBEK, 1988, 19)".

FIGURA 06 - INTERFERÔMETRO DE A.A. MICHELSON (HEWLETT-PACKARD JOURNAL, 1970; GOLDEMBERG, 1973).



1 - Fonte de Luz monocromática; 2 - Espelho fixo; 3 - Espelho semi-espelhado; 4 - Espelho móvel; 5 - Detector.

Com o exposto acima teremos um interferômetro funcionando, porém muito rudimentarmente. Para que este projeto se torne um equipamento prático três outras alterações são necessárias:

a) A utilização de espelhos para refletir o feixe luminoso não é conveniente, pois é necessário que estes estejam muito bem alinhados, o que é difícil de se conseguir. A solução utilizada para resolver este problema foi **substituir os espelhos por refletores de canto**; pela maneira como são construídos os refletores, o feixe luminoso incidente retorna paralelo a si mesmo, independentemente do ângulo de incidência do feixe luminoso.

b) **A utilização do laser como fonte de luz** contornando dois outros problemas.

1º) para interferômetros usados em medidas de distâncias significativas a onda eletromagnética deve ter um só comprimento de onda;

2º) para interferômetros de alta precisão, o comprimento de onda deve ser exatamente conhecido.

c) A utilização de uma só fotocélula para detectar a sensibilidade da direção eletrônica não é adequada. Nos modernos interferômetros utilizam-se **duas fotocélulas**.

1.4.3. Princípio de Funcionamento do Interferômetro HP utilizado.

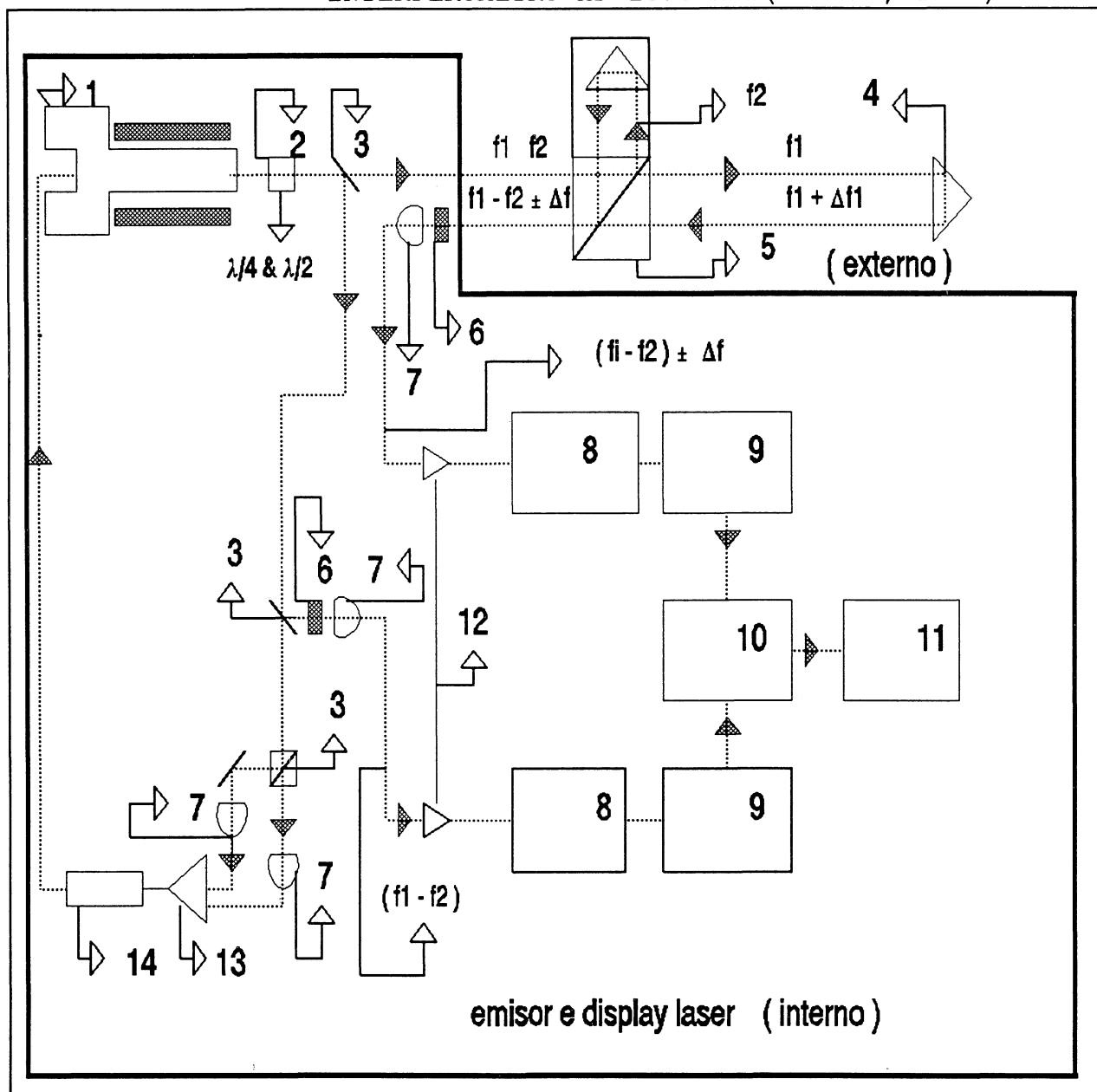
O interferômetro montado no laboratório de aferição da Universidade Federal do Paraná é o HP 10766A. Este interferômetro trabalha com duas frequências.

Para conseguir estas duas frequências o interferômetro foi construído segundo o princípio de ZEEMAN.

O princípio de Zeeman consiste em se aplicar um campo magnético longitudinal na direção do tubo emissor do sinal laser, dividindo-o em duas frequências diferentes (f_1 , f_2), com uma separação de aproximadamente 1,8 MHz.

O comprimento de onda gerado é de aproximadamente $\lambda = 0,633\mu\text{m}$, ou seja, $f = 4,8 \times 10^{14}$ Hz,

FIGURA 07 - ESQUEMA DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO INTERFERÔMETRO HP 10766A. (RÜGUER, 1989)



- 1 - Emissor da frequência laser (He - Ne); 2 - Placa polarizadora ($\lambda/4$, $\lambda/2$); 3 - Divisor do feixe de laser; 4 - Refletor movel; 5 - Interferômetro linear; 6 - Demodulador de polarização; 7 - Fotodetector; 8 - Duplicador de frequência; 9 - Contador do movimento frontal; 10 - Subtrator; 11 - Calculador e mostrador; 12 - Pré-amplificador; 13 - Amplificador diferencial; 14 - Regulador de sintonia laser.

Da divisão do sinal Laser (He - Ne) são geradas duas frequências f_1 e f_2 . Estas duas frequências tem polarização circular oposta, sendo que, a diferença entre elas resulta em diferentes índices de refração para as duas polarizações no tubo emissor do sinal Laser. Na sequência estas polarizações de f_1 e f_2 são convertidas de circular para ortogonal linear por um filtro polarizador ($\lambda/2, \lambda/4$). Após esta conversão, o feixe é expandido, colimado.

As duas frequências óticas f_1 e f_2 são emitidas para um divisor de feixe, onde uma pequena porção das duas frequências é extraída, para geração de uma frequência de referência e para a prevenção de erro no gerador do laser.

A maior parte do feixe é emitido para o interferômetro que o direciona para os refletores, fixo e móvel, que estão defasados de 90° . Após a incidência em um dos refletores elas são refletidas com uma separação, entre o feixe incidente e o refletido, de 13mm. Os raios refletidos são novamente recombinados no interferômetro e encaminhados para um fotodetector que capta a diferença de frequência $f_1 - f_2$.

Portanto, se a diferença de frequência modular Doppler ($f_1 - f_2 \pm \Delta f_1$) desde o interferômetro (caminho externo) e a frequência de referência de batimento ($f_1 - f_2$) é contada por um tempo Δt , o resultado do contador corresponde ao deslocamento diferencial dos refletores Δd com um comprimento de onda, λ , e através de uma simples transformação matemática obtém-se unidades de comprimento através das seguintes fórmulas (RÜEGER, 1989).

$$\Delta f = \frac{2(V)f}{C} = \frac{2}{\lambda} (\Delta D / \Delta t) \quad (1)$$

$$\sum \Delta d = \frac{\lambda}{2} \sum (\Delta d / \Delta t) \quad (2)$$

Onde

Δf = contagem Doppler por intervalo de tempo.

Δd = variação da distância entre os refletores.

C = velocidade da luz.

V = velocidade de deslocamento do refletor móvel.

Através de um micro processador é determinado o valor acumulado cada 5 mseg e indicado o valor já convertido em milímetros levando ainda em conta a correção devido ao índice de refração.

O sentido de deslocamento do refletor é dado quando da mistura dos sinais, isto é, para $\Delta f > 0$ o movimento é no sentido do refletor e para $\Delta f < 0$ no sentido oposto.

O sistema interferométrico utilizando duas frequências apresenta algumas limitações como por exemplo:

- Para grandes diferenças de trajetórias, ou seja, grandes distâncias entre os dois refletores a diferença de contraste da franja é degradada devido a difração e a turbulência que o feixe de luz é submetido, podendo ocorrer deficiências do

sistema eletro-ótico do interferômetro no reconhecimento das franjas;

- outra limitação é a baixa velocidade de deslocamento do refletor que o contador consegue identificar devido ao fato de o mesmo só armazenar pulsos. Se $(f1 - f2) \pm \Delta f$ se aproximar de zero o contador aumenta novamente o valor da expressão, porque, não existe frequência negativa, e também, o contador não consegue distinguir um grande valor de Δf e um valor muito pequeno próximo de zero.

Para evitar ambigüidade a velocidade do refletor não deve se exceder ao valor obtido pelas expressões (RÜEGGER, 1989):

$$f1 - f2 \geq \Delta f = 2Vf/C \quad (3)$$

$$V_{\max} < \frac{C(f1 - f2)}{2f} \quad (4)$$

Por exemplo:

Para $(f1 - f2) = 2\text{MHz}$ a velocidade máxima de deslocamento do refletor é de 300 mm/s.

O interferômetro instalado no laboratório de aferição informa através de uma mensagem no display do contador quando a velocidade de deslocamento do refletor está acima da capacidade de processamento. A mensagem mostrada de forma intermitente é "SL ERROR".

1.4.4. Especificações técnicas do interferômetro HP (LASER MEASUREMENT SYSTEM, 1986)

- Configuração mínima do sistema
 - . Fonte de LASER (5518A)
 - . Display de medida (5508A)
 - . Interferômetro e refletor

- Condições ambientes.
 - . Temperatura de operação: (0 - 40 °C)
 - . Umidade relativa: (0 - 95 %)

- Potência requerida.
 - . Fonte: 100V, 120V, 220V, 240V, com uma variação de -10% ,+5%
 - . Freqüência: 48 - 66 Hz
 - . Consumo: No máximo 175 VA

- Características do feixe laser.
 - . Tipo: Helium - Neon (He - Ne)
 - . Comprimento de onda no vácuo: 632.991 nanômetros
 - . Tempo de aquecimento: menos de 10 min. (Próximo de 4min.)
 - . Máxima potência de saída: 1mW
 - . Diâmetro do feixe laser: 6mm

- Velocidade máxima de deslocamento 18000 mm/min.

- Influência da temperatura:

- . Para temperaturas de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ o erro na distância medida pelo interferômetro é de $\pm 0,1$ ppm.

CAPÍTULO II

AFERIÇÃO DE MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR PELO SISTEMA ÓTICO-MECÂNICO DE PONTARIA

2.1. INTRODUÇÃO:

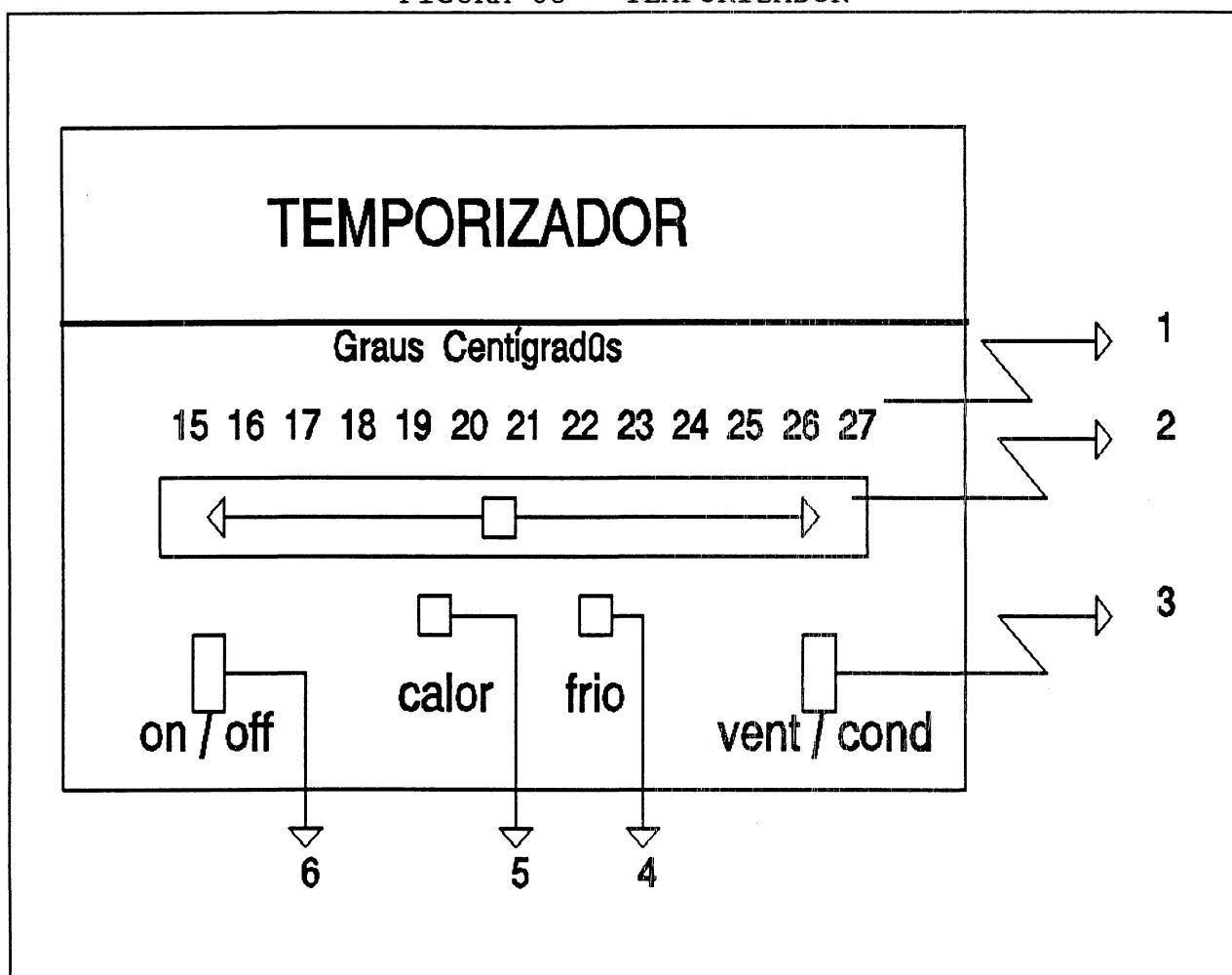
A aferição de miras verticais de ínvar consiste em determinar com precisão o afastamento entre os traços gravados na fita de ínvar. A técnica de aferição utilizada no sistema ótico-mecânico de pontaria, para melhor compreensão do assunto, é demonstrada nos seguintes tópicos:

- Climatização da sala;
- inicialização do sistema interferométrico;
- metodologia utilizada na aferição das miras;
- resultados obtidos.

2.2 - CLIMATIZAÇÃO DA SALA:

O laboratório de aferição de equipamentos topográficos e geodésicos da UFPr. está equipado com um condicionador de ar, e a ele está acoplado um temporizador manual que é usado para fixar a temperatura do ambiente no momento da aferição dos equipamentos (fig.06).

FIGURA 08 - TEMPORIZADOR



- 1 - Temperaturas possíveis em graus Centígrados;
- 2 - Seletor deslizante de programação de temperatura;
- 3 - Indicador de operação: ventilando ou condicionando;
- 4 - Indicador de resfriamento do ambiente; 5 - Indicador de aquecimento do ambiente; 6 - Chave liga / desliga

O temporizador dispõe de um sistema automático que liga e desliga o condicionador de ar quando a temperatura do ambiente tiver uma variação de 1,5 °C em torno do valor pré estabelecido.

A temperatura de aferição é controlada, com mais rigor, por dois termômetros colocados sobre a base de aferição. Através deles o operador do sistema liga e desliga manualmente o condicionador de ar, quando necessário.

Nos testes realizados neste trabalho foi utilizado a temperatura de 20 °C, e também, temperaturas ambientes diferentes, para verificar o comportamento dos resultados com essas variações.

Quando a temperatura externa à sala está abaixo de 12 °C ou acima de 28 °C, é necessário deixar o condicionador de ar ligado de 24 a 36 horas seguidas antes de se efetuarem os trabalhos, para que o ambiente como um todo se estabilize na temperatura desejada, se estiver dentro do intervalo, (isso ocorre no outono e na primavera), 12h para climatização do ambiente é suficiente.

As especificações técnicas do sistema interferométrico (LASER USER'S GUIDE, 1986) dizem que variações de 0,5 °C na temperatura implicam em um erro nas distâncias medidas de $\pm 0,1\text{ppm}$. Por exemplo, para 1000m de distância medida o erro é de $\pm 0,1\text{mm}$. Na aferição de miras, a unidade de medida utilizada é o micrometro, portanto variações de 0,5 °C na temperatura ambiente significam um erro de $1\mu\text{m}$ em 1m de distância medida, daí a importância do controle da temperatura pelo operador.

Um fator importante para que o ambiente se mantenha na

temperatura desejada, é a permanência somente do operador no laboratório quando o equipamento estiver operando. Isso é necessário, porque a temperatura do corpo e das vestes de uma pessoa que está fora do ambiente é diferente da temperatura no interior do laboratório. Ao entrarem outras pessoas a temperatura do ar sofre uma variação, que influencia na propagação do sinal "LASER" provocando alterações nas medidas.

2.3 - INICIALIZAÇÃO DO SISTEMA INTERFEROMÉTRICO

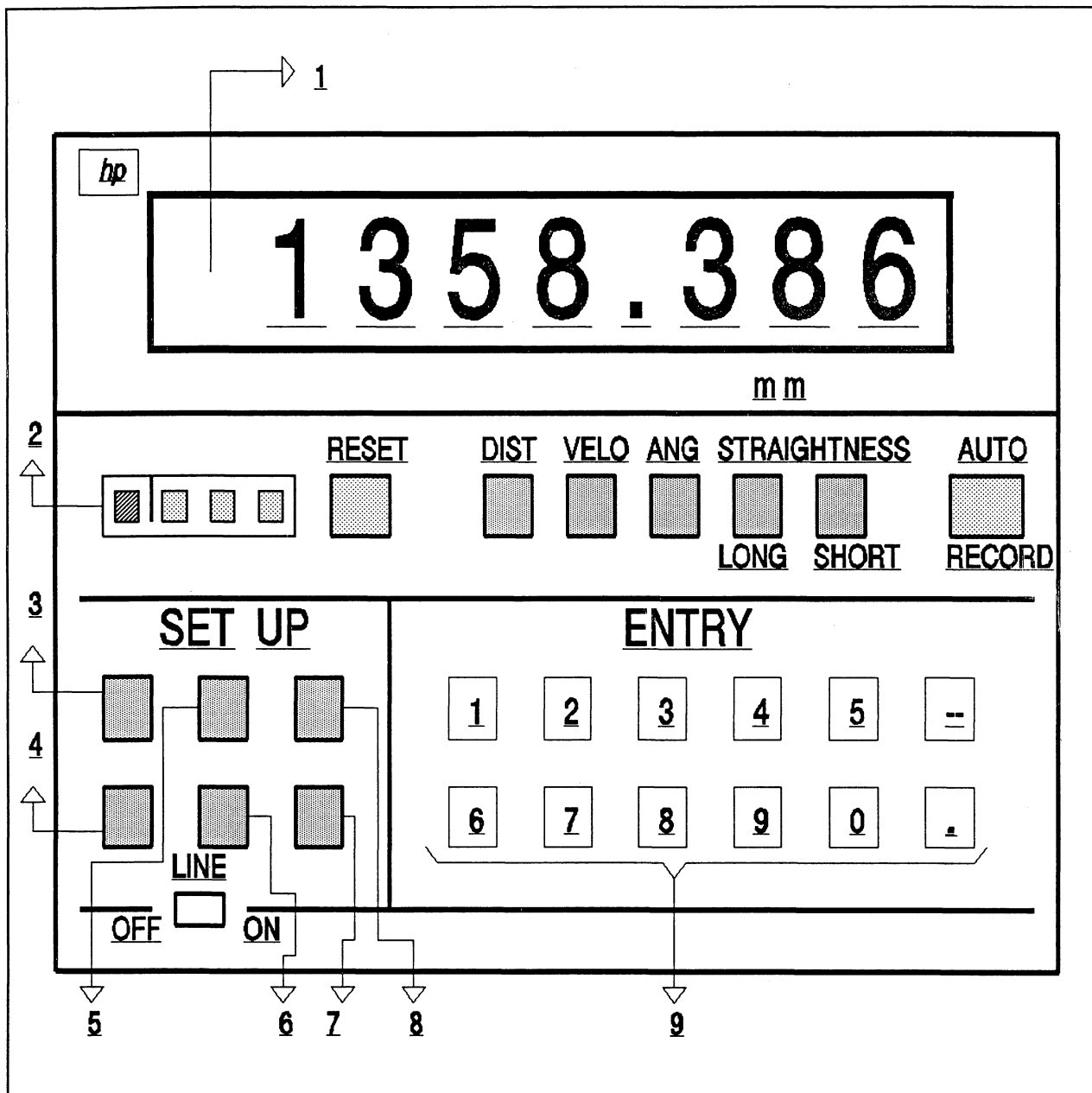
2.3.1. Generalidades

A inicialização do sistema é de fundamental importância para se obter boas medidas. Todas as medições serão corrigidas das condições ambientes, em função dos valores informados pelo operador. Qualquer erro de digitalização ou na retirada de valores das tabelas acarretará na perda de todo o trabalho.

Esta operação, consiste em informar para a unidade de processamento algumas constantes, como: temperatura, pressão e umidade relativa do ar, constantes essas utilizadas para a correção das condições atmosféricas.

Os passos de programação do equipamento serão apresentados a partir do painel frontal do processador de dado.

FIGURA 09 - PAINEL FRONTAL DA UNIDADE DE PROCESSAMENTO DO SISTEMA INTERFEROMÉTRICO



1 - Display; 2 - Beam strength; 3 - Preset; 4 - Resol; 5 - Malt temp; 6 - Exp Coef; 7 - Dir Sense; 8 - V.O.L.; 9 - Entry

A função de cada chave, é a de informar ao sistema determinados parâmetros necessários para seu funcionamento. Se o equipamento estiver operando, a utilização do teclado não significa

perda dos dados (LASER USER'S GUIDE, 1986):

Reset - Usada para reinicializar o sistema. A utilização desta função não significa perda dos valores de programação, mas, somente dos valores medidos.

Distance - Programa o sistema para medidas de distância.

Velocity - Programa o sistema para medidas de velocidade.

Angle - Programa o sistema para medidas de ângulos.

Straightness - Utilizada para selecionar medidas de distância.

Long - para medidas de distâncias de 0 à 30m.

Short - para medidas de distâncias de 0 à 3m.

Auto Record - Utilizada para gravar os dados medidos em uma unidade externa, (por exemplo um computador).

Display - Indicador das medidas que estão sendo realizadas, constantes de programação e mensagens de erro.

Beam Strength - Indica a potência de retorno do sinal Laser após a incidência no refletor móvel.

Preset - Possibilita a reinicialização do sistema. (por exemplo, admitindo que deve-se fazer 10 leituras sequenciais e

que na oitava o sinal Laser foi interrompido). Essa função permite que seja introduzido no sistema o valor da oitava leitura e se continue o trabalho, sem ter que repetir as leituras anteriores.

Resol - Utilizada para indicar o número significativo de casas decimais, ou seja, a precisão final das medidas.

Malt Temp - Permite informar ao sistema, a temperatura do material que está sendo medido.

Exp. Coeff. - Permite informar ao sistema o coeficiente de dilatação linear do material que está sendo medido.

Dir Sense - Utilizada para reverter o sentido de medição, ou seja, muda o sinal das medidas, negativo para positivo e vice-versa.

V.O.L. - Utiliza-se para informar ao sistema a constante temperatura / pressão / umidade relativa do ar.

Entry - Teclado numérico para entrada de dados.

2.3.2. Sequência de operações

Primeiro Passo: Ligar o Equipamento.

- Para ligar o equipamento pressionar a tecla (OFF/ON) na posição ON. Com isso o equipamento entrará em contagem regressiva, e no final, aparecerá no mostrador de forma intermitente a mensagem ("LASER UP").

Após haver concluído esse passo, é importante deslocar o carrinho por toda a extensão dos trilhos da base e simultaneamente observar no painel do contador o mostrador da potência de retorno do sinal Laser.

Quanto mais a direita do mostrador estiver o ponteiro (cor verde), mais forte é a potência de retorno do sinal; quando o ponteiro se aproxima do lado esquerdo (cor vermelha) o sinal de retorno não é recebido pelo interferômetro. Ocorrendo isso, o operador deve regular o emissor de sinal Laser até obter novamente a indicação de que o sinal está sendo recebido em toda a extensão dos trilhos.

Segundo Passo: Introduzir a Constante Pressão Temperatura.

- Para informar ao sistema a constante pressão / temperatura, ler nos termômetros suspensos sobre os trilhos, a temperatura ambiente, e em seguida no barômetro a pressão atmosférica em mmHg. Com esses dois valores entra-se nas tabelas, do manual do Interferômetro (LASER MEASUREMENT SYSTEM 5528A, 1986), e retira-se o valor da constante.

O valor retirado desta tabela é informado ao sistema Interferométrico, que fará as medidas, levando em consideração as condições atmosféricas do momento.

Opera-se da seguinte maneira:

- 1º - Pressionar a tecla " V.O.L."
- 2º - Através do teclado numérico ("ENTRY") digitar o valor da constante.
- 3º - Pressionar novamente a tecla " V.O.L."

Terceiro Passo: Informar ao equipamento a precisão das medidas.

- Informa-se ao equipamento qual a precisão desejada no trabalho. A sequência é a seguinte:

- 1º - Pressionar a tecla " RESOL "
- 2º - Através do teclado numérico, digitar com quantas casas após a vírgula serão feitas as leituras. Por exemplo, (se as medidas devem ser feitas no milésimo do milímetro, digitar o número 3).
- 3º - Pressionar novamente a tecla " RESOL ".

Quarto passo: Pressionar a tecla distance.

- Programa o sistema para medida de distância.

Concluídos os passos descritos o sistema está apto a iniciar os trabalhos de medição.

2.4. METODOLOGIA UTILIZADA NA AFERIÇÃO DAS MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR:

A aferição de miras verticais de ínvar é feita a partir de medidas de alta precisão, que dependem fundamentalmente do operador pois a pontaria é feita através de luneta com retículo colocada no carrinho.

2.4.1. Posicionamento da mira para aferição:

A mira vertical de ínvar deve ser posicionada horizontalmente sobre o suporte, de maneira que a deformação seja mínima.

Para que a deformação seja mínima a mira vertical de ínvar deve ser apoiada em dois pontos, obedecendo a seguinte expressão (DOUBEK, 1993):

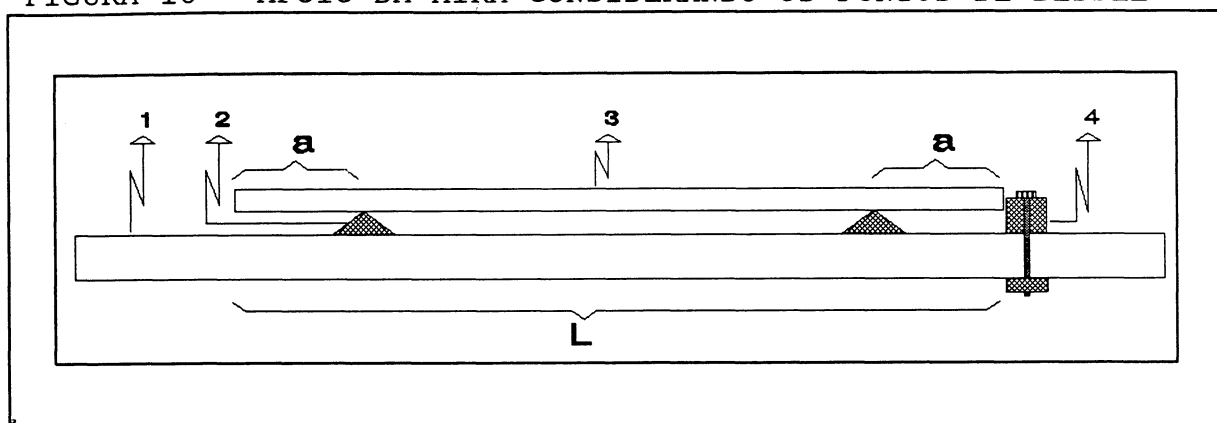
$$a = 0,23862 * L \quad (5)$$

onde:

L = Comprimento da mira vertical de ínvar.

a = Afastamento dos apoios em relação aos extremos da mira.

FIGURA 10 - APOIO DA MIRA CONSIDERANDO OS PONTOS DE BESSEL



- 1 - Suporte de equipamentos para aferição; 2 - Apoios
3 - Mira vertical de invar; 4 - Referencial

Colocada a mira vertical de invar sobre os apoios, deve-se deslocar o carrinho, que contém o sistema de pontaria, sobre os trilhos. Observando através da luneta, as imagens dos traços da mira devem estar focalizadas em toda a extensão da mesma, caso isso não ocorra, o operador deve aumentar ou diminuir a altura dos apoios até que a imagem vista pela ocular da luneta seja nítida em toda sua extensão; e iniciam-se as medições.

2.4.2. Medidas das distâncias.

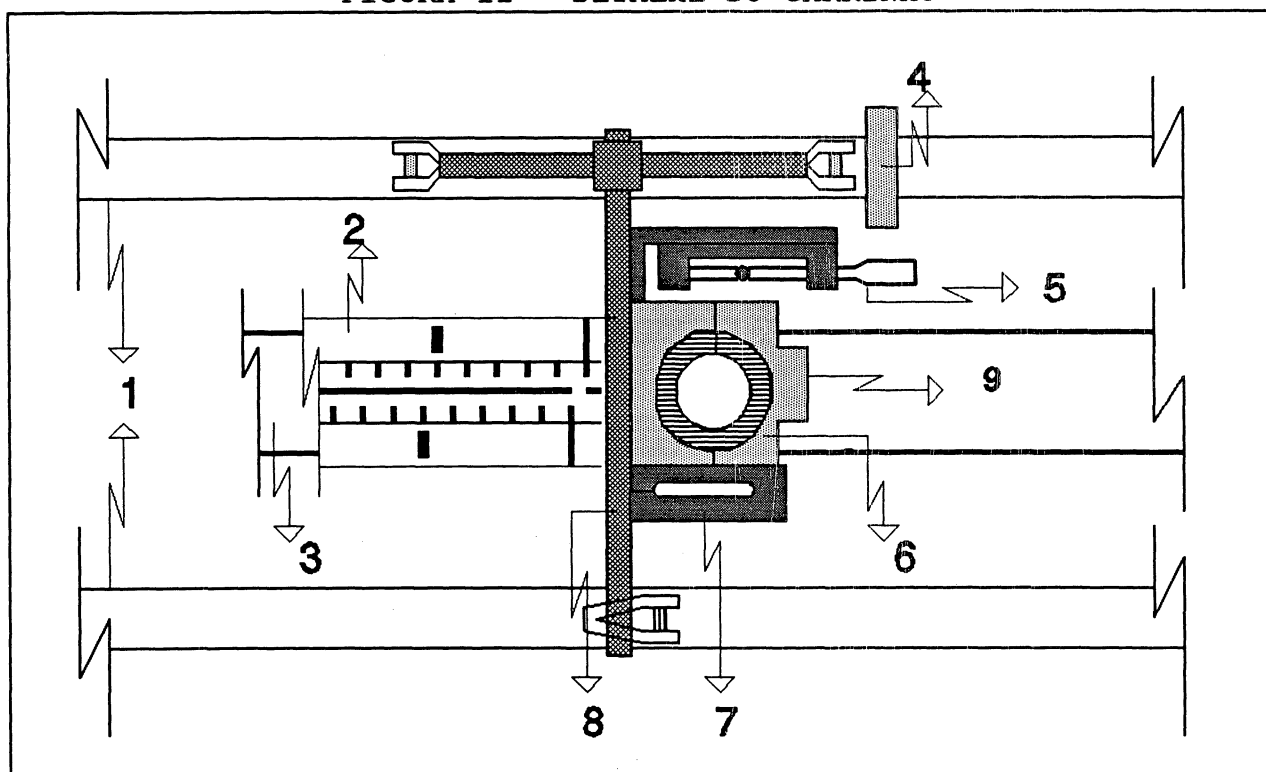
As medições consistem em determinar o afastamento entre as graduações da mira. Para isso utiliza-se uma luneta, com aumento compatível, para as pontarias, um nível tubular acoplado na luneta cuja sensibilidade é de $0,01' / 2\text{mm}$ e um micrômetro para se fazer o ajuste do nível tubular.

O nível tubular é utilizado para obter o paralelismo entre visadas sucessivas. Devido a ondulação dos trilhos, dois intervalos iguais medidos em posições diferentes dos trilhos podem

ter valores diferentes, e isto ocorre em função da posição que o refletor móvel do interferômetro ocupa no momento das medidas, podendo aumentar ou diminuir a distância.

O nível tubular permite a correção das irregularidades dos trilhos ao ser calado após cada pontaria.

FIGURA 11 - DETALHE DO CARRINHO



1 - Trilhos; 2 - Mira vertical de invar; 3 - Suporte de equipamentos para aferição; 4 - Referencial; 5 - Micrômetro; 6 - Suporte da luneta, micrômetro e nível tubular; 7 - Nível tubular; 8 - Carrinho; 9 - Suporte do refletor móvel do interferômetro.

Os procedimentos a serem efetuados para se obter as medidas devem ser os seguintes:

1º - Colocar o carrinho com a roda encostada na origem, e inicializar o sistema interferométrico com a tecla "RESET".

zerando o mostrador da unidade de processamento;

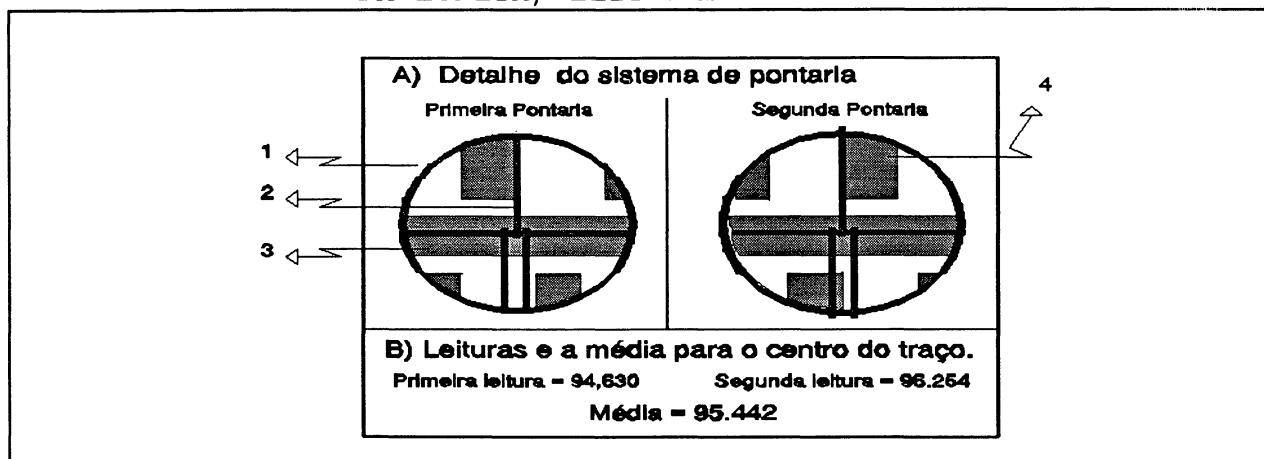
2º - a mira de ínvar deve estar colocada sobre o suporte com a menor graduação próxima ao emissor do sinal "LASER";

3º - deslocar o carrinho sobre os trilhos até que a primeira marca da fita de ínvar entre no campo de visão da luneta;

4º - efetuar a pontaria preliminar, calar o nível tubular com o micrômetro e refinar a pontaria, ler e anotar o valor registrado no mostrador do sistema interferométrico;

5º - deslocar o carrinho até o outro lado da marca e repetir o quarto procedimento.

FIGURA 12 - DETALHE DO CAMPO DE VISADA DO OPERADOR ATRAVÉS DA LUNETA/ LEITURAS DO MOSTRADOR E VALOR MÉDIO



1 - Ocular da luneta; 2 - Retículo da luneta; 3 - Mira vertical de ínvar; 4 - Traço gravado na fita de ínvar

6º - deslocar o carrinho para a próxima marca da mira e repetir as operações 3 e 4, (as leituras devem ser efetuadas num intervalo de 10cm, só medindo os traços que coincidam com as graduações da caixa da mira);

7º - repetir os procedimentos 3, 4 e 5, para toda a extensão da mira;

8º - inverter a posição da mira, ou seja, colocar a maior graduação próxima à fonte emissora do sinal LASER;

9º - repetir as operações de 1 à 6

10º - calcular o valor médio para cada traço, para as duas posições da mira;

11º - diminuir o valor médio de cada traço em relação ao primeiro, também para as duas posições da mira;

12º - fazer a média dos valores obtidos com a mira na posição direta e posição invertida; obtem-se o valor mais provável dos intervalos das gravações da mira, em relação ao primeiro traço gravado.

2.5. RESULTADOS OBTIDOS:

Com a metodologia acima aferiu-se várias miras verticais de invar da marca "ZEISS" do Departamento de Geociências da UFPr.

Apresenta-se o resultado da aferição de uma dessas miras, fazendo variar a temperatura ambiente no intervalo de 15 °C à 26 °C.

TABELA 01 - AFERIÇÃO DAS GRADUAÇÕES DO LADO DIREITO DA MIRA DE ÍNVAR "ZEISS" - NO.38422

| Temp. Afer. 15 °C | | | | Temp. Afer. 20 °C | | | | Temp. Afer. 26 °C | | | |
|-------------------|----------|----|----------|-------------------|----------|----|----------|-------------------|----------|----|----------|
| GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. |
| 1 | ,000 | 31 | 1500,014 | 1 | ,000 | 31 | 1500,008 | 1 | ,000 | 31 | 1500,018 |
| 2 | 49,997 | 32 | 1550,024 | 2 | 49,987 | 32 | 1550,034 | 2 | 49,995 | 32 | 1550,025 |
| 3 | 99,982 | 33 | 1600,019 | 3 | 99,992 | 33 | 1600,016 | 3 | 99,993 | 33 | 1600,020 |
| 4 | 149,997 | 34 | 1650,007 | 4 | 149,997 | 34 | 1650,010 | 4 | 149,985 | 34 | 1650,007 |
| 5 | 200,004 | 35 | 1700,019 | 5 | 200,000 | 35 | 1700,013 | 5 | 199,993 | 35 | 1700,019 |
| 6 | 249,976 | 36 | 1750,012 | 6 | 249,986 | 36 | 1750,015 | 6 | 249,980 | 36 | 1750,010 |
| 7 | 299,988 | 37 | 1800,020 | 7 | 299,983 | 37 | 1800,016 | 7 | 299,990 | 37 | 1800,023 |
| 8 | 349,974 | 38 | 1850,020 | 8 | 349,976 | 38 | 1850,020 | 8 | 349,970 | 38 | 1850,012 |
| 9 | 399,991 | 39 | 1900,025 | 9 | 399,996 | 39 | 1900,033 | 9 | 399,990 | 39 | 1900,038 |
| 10 | 449,996 | 40 | 1950,037 | 10 | 449,990 | 40 | 1950,032 | 10 | 449,999 | 40 | 1950,032 |
| 11 | 499,988 | 41 | 2000,030 | 11 | 499,998 | 41 | 2000,030 | 11 | 499,991 | 41 | 2000,035 |
| 12 | 549,998 | 42 | 2050,023 | 12 | 549,990 | 42 | 2050,027 | 12 | 549,990 | 42 | 2050,020 |
| 13 | 599,989 | 43 | 2100,032 | 13 | 599,999 | 43 | 2100,027 | 13 | 599,990 | 43 | 2100,037 |
| 14 | 649,985 | 44 | 2150,039 | 14 | 649,989 | 44 | 2150,035 | 14 | 649,996 | 44 | 2150,025 |
| 15 | 700,006 | 45 | 2200,018 | 15 | 700,006 | 45 | 2200,018 | 15 | 700,000 | 45 | 2200,026 |
| 16 | 750,002 | 46 | 2250,024 | 16 | 750,005 | 46 | 2250,024 | 16 | 750,010 | 46 | 2250,018 |
| 17 | 799,981 | 47 | 2300,029 | 17 | 799,991 | 47 | 2300,027 | 17 | 799,985 | 47 | 2300,032 |
| 18 | 850,009 | 48 | 2350,028 | 18 | 850,001 | 48 | 2350,030 | 18 | 800,007 | 48 | 2350,030 |
| 19 | 899,998 | 49 | 2400,037 | 19 | 899,996 | 49 | 2400,027 | 19 | 899,990 | 49 | 2400,033 |
| 20 | 949,987 | 50 | 2450,032 | 20 | 949,995 | 50 | 2450,039 | 20 | 949,988 | 50 | 2450,042 |
| 21 | 1000,009 | 51 | 2500,045 | 21 | 1000,012 | 51 | 2500,040 | 21 | 1000,012 | 51 | 2500,040 |
| 22 | 1050,013 | 52 | 2550,044 | 22 | 1050,009 | 52 | 2550,044 | 22 | 1050,005 | 52 | 2550,049 |
| 23 | 1100,005 | 53 | 2600,047 | 23 | 1100,005 | 53 | 2600,047 | 23 | 1100,012 | 53 | 2600,039 |
| 24 | 1150,003 | 54 | 2650,053 | 24 | 1150,013 | 54 | 2650,055 | 24 | 1150,007 | 54 | 2650,060 |
| 25 | 1200,015 | 55 | 2700,047 | 25 | 1200,008 | 55 | 2700,051 | 25 | 1200,015 | 55 | 2700,045 |
| 26 | 1250,001 | 56 | 2750,045 | 26 | 1250,011 | 56 | 2750,045 | 26 | 1250,011 | 56 | 2750,052 |
| 27 | 1300,017 | 57 | 2800,054 | 27 | 1300,011 | 57 | 2800,059 | 27 | 1300,015 | 57 | 2800,053 |
| 28 | 1350,014 | 58 | 2850,058 | 28 | 1350,008 | 58 | 2850,051 | 28 | 1350,000 | 58 | 2850,058 |
| 29 | 1400,009 | 59 | 2900,060 | 29 | 1400,015 | 59 | 2900,063 | 29 | 1400,007 | 59 | 2900,060 |
| 30 | 1450,014 | 60 | 2950,061 | 30 | 1450,007 | 60 | 2950,057 | 30 | 1450,06 | 60 | 2950,059 |

Os valores de aferição fornecidos são em milímetros

GR = Traço gravado na fita de ínvar, correspondente a graduação da mira.

V. A. = Valor de aferição. Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traço da mira e o centro do primeiro traço medido.

Ex. = O valor correspondente ao número 2 na tabela (2 = 49.997), refere-se ao afastamento entre o traço correspondente à graduação 2 e a graduação 1 da mira, o número 5 corresponde ao afastamento entre o 5º traço gravado da mira e o 1º.

TABELA 02 AFERIÇÃO DAS GRADUAÇÕES DO LADO ESQUERDO DA MIRA
DE ÍNVAR "ZEISS" - N°.38422

| Temp. Afer. 15 ° C | | | | Temp. Afer. 20 ° C | | | | Temp. Afer. 26 ° C | | | |
|--------------------|----------|-----|----------|--------------------|----------|-----|----------|--------------------|----------|-----|----------|
| GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. |
| 62 | ,000 | 92 | 1500,016 | 62 | ,000 | 92 | 1500,016 | 62 | ,000 | 92 | 1500,006 |
| 63 | 49,985 | 93 | 1550,000 | 63 | 49,993 | 93 | 1550,008 | 63 | 49,990 | 93 | 1550,016 |
| 64 | 99,997 | 94 | 1600,018 | 64 | 99,992 | 94 | 1600,012 | 64 | 99,984 | 94 | 1600,008 |
| 65 | 149,978 | 95 | 1649,990 | 65 | 149,982 | 95 | 1649,997 | 65 | 149,989 | 95 | 1649,995 |
| 66 | 199,985 | 96 | 1700,027 | 66 | 199,985 | 96 | 1700,017 | 66 | 199,978 | 96 | 1700,024 |
| 67 | 249,989 | 97 | 1750,003 | 67 | 249,983 | 97 | 1750,006 | 67 | 249,980 | 97 | 1750,010 |
| 68 | 299,976 | 98 | 1800,026 | 68 | 299,983 | 98 | 1800,020 | 68 | 299,983 | 98 | 1800,015 |
| 69 | 349,986 | 99 | 1849,995 | 69 | 349,979 | 99 | 1849,999 | 69 | 349,985 | 99 | 1849,999 |
| 70 | 399,980 | 100 | 1900,029 | 70 | 399,985 | 100 | 1900,026 | 70 | 399,976 | 100 | 1900,020 |
| 71 | 449,995 | 101 | 1950,003 | 71 | 449,988 | 101 | 1950,011 | 71 | 449,998 | 101 | 1950,015 |
| 72 | 500,000 | 102 | 2000,035 | 72 | 500,003 | 102 | 2000,033 | 72 | 500,000 | 102 | 2000,039 |
| 73 | 549,993 | 103 | 2050,002 | 73 | 549,983 | 103 | 2050,007 | 73 | 549,983 | 103 | 2050,000 |
| 74 | 600,002 | 104 | 2100,019 | 74 | 600,002 | 104 | 2100,014 | 74 | 600,010 | 104 | 2100,019 |
| 75 | 649,990 | 105 | 2150,026 | 75 | 649,999 | 105 | 2150,026 | 75 | 649,990 | 105 | 2150,020 |
| 76 | 699,997 | 106 | 2200,020 | 76 | 699,997 | 106 | 2200,020 | 76 | 699,997 | 106 | 2200,028 |
| 77 | 749,987 | 107 | 2250,014 | 77 | 749,998 | 107 | 2250,017 | 77 | 749,991 | 107 | 2250,020 |
| 78 | 800,010 | 108 | 2300,029 | 78 | 800,005 | 108 | 2300,019 | 78 | 800,009 | 108 | 2300,025 |
| 79 | 850,001 | 109 | 2350,014 | 79 | 850,001 | 109 | 2350,016 | 79 | 850,001 | 109 | 2350,020 |
| 80 | 899,985 | 110 | 2400,021 | 80 | 899,995 | 110 | 2400,019 | 80 | 899,988 | 110 | 2400,013 |
| 81 | 949,998 | 111 | 2450,027 | 81 | 949,998 | 111 | 2450,031 | 81 | 950,008 | 111 | 2450,039 |
| 82 | 1000,000 | 112 | 2500,036 | 82 | 1000,004 | 112 | 2500,036 | 82 | 1000,000 | 112 | 2500,028 |
| 83 | 1049,999 | 113 | 2550,039 | 83 | 1049,995 | 113 | 2550,034 | 83 | 1049,999 | 113 | 2550,040 |
| 84 | 1099,987 | 114 | 2600,033 | 84 | 1099,997 | 114 | 2600,034 | 84 | 1099,989 | 114 | 2600,030 |
| 85 | 1150,026 | 115 | 2650,049 | 85 | 1150,019 | 115 | 2650,042 | 85 | 1150,025 | 115 | 2650,042 |
| 86 | 1200,010 | 116 | 2700,040 | 86 | 1200,013 | 116 | 2700,043 | 86 | 1200,011 | 116 | 2700,048 |
| 87 | 1250,027 | 117 | 2750,044 | 87 | 1250,020 | 117 | 2750,036 | 87 | 1250,015 | 117 | 2750,029 |
| 88 | 1300,014 | 118 | 2800,035 | 88 | 1300,020 | 118 | 2800,035 | 88 | 1300,017 | 118 | 2800,042 |
| 89 | 1350,016 | 119 | 2850,039 | 89 | 1350,008 | 119 | 2850,042 | 89 | 1350,018 | 119 | 2850,035 |
| 90 | 1400,011 | 120 | 2900,048 | 90 | 1400,017 | 120 | 2900,044 | 90 | 1400,014 | 120 | 2900,052 |
| 91 | 1450,019 | | | 91 | 1450,009 | | | 91 | 1450,015 | | |

Obs= a forma de obtenção dos dados das duas tabelas é o mesmo.

Os valores de aferição fornecidos são em milímetros.

As tabelas anteriores apresentam os valores de aferição da mira com variação da temperatura ambiente. Tal estudo foi realizado com a finalidade de verificar se há alteração nos resultados de aferição causados por essa variação.

FIGURA 13 - GRÁFICO REPRESENTANDO A AFERIÇÃO DO LADO DIREITO DA MIRA, COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

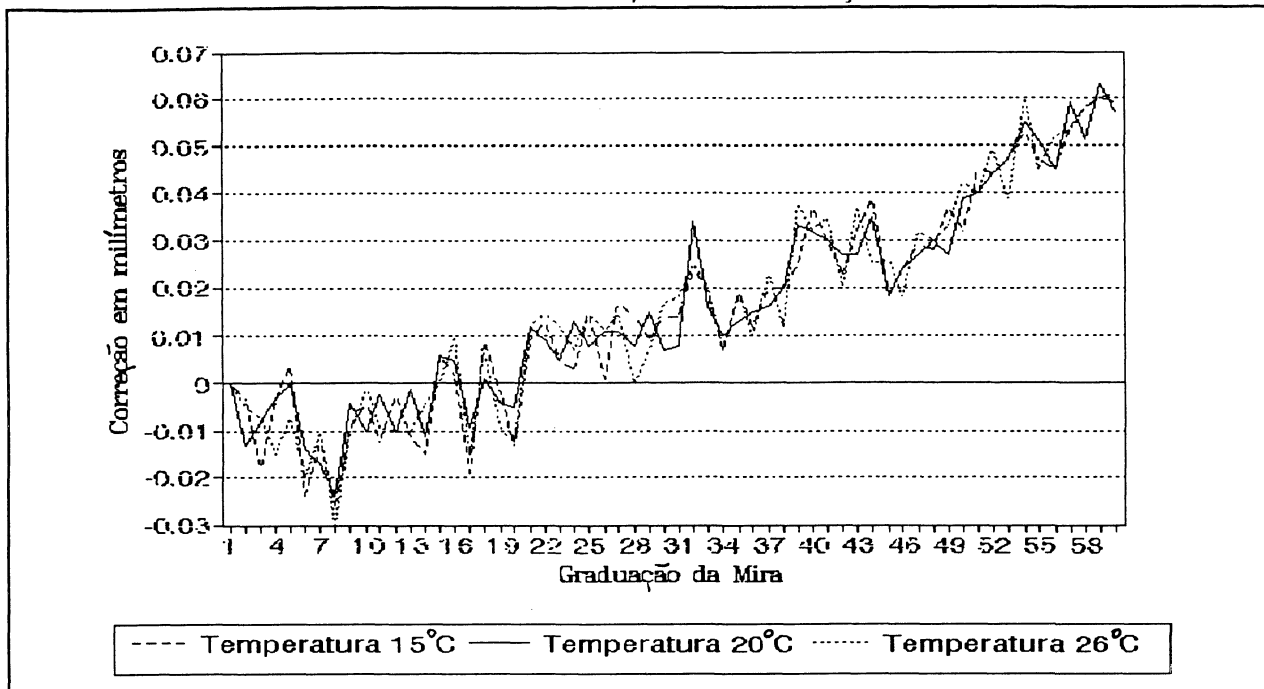
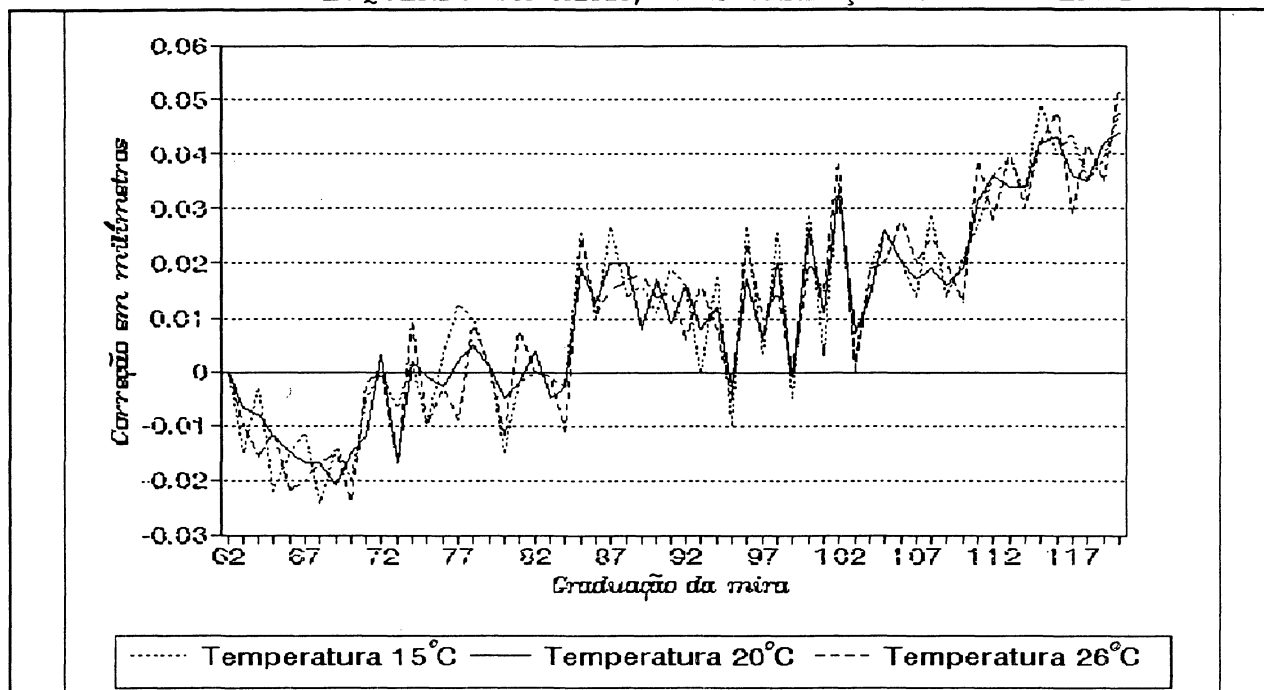


FIGURA 14 - GRÁFICO REPRESENTANDO A AFERIÇÃO DO LADO ESQUERDO DA MIRA, COM VARIAÇÃO DE TEMPERATUR



Os gráficos anteriores representam a diferença entre os valores de aferição das miras e o valor nominal, isto é, o afastamento entre os traços gravados da fita de ínvar, no caso da mira semi-centimétrica, é de 0,5 cm (WILD,[ca 1960]; KERN AARAU, [ca 1960]). Com a aferição destes equipamentos chega-se a outros valores, cuja diferença está representada nos gráficos.

No anexo A, apresenta-se os resultados de aferição de algumas miras aferidas no laboratório, adotando-se a temperatura ambiente de 20 °C.

CAPÍTULO III

ALINHAMENTO DOS TRILHOS

3.1. INTRODUÇÃO:

No método de aferição de miras com o sistema ótico-mecânico, o paralelismo entre as visadas é obtido calando-se o nível tubular antes de cada leitura.

No sistema eletrônico de leituras, o carrinho se desloca sobre os trilhos com velocidade constante, impossibilitando assim esse procedimento, e assim sendo há a necessidade de se determinar o desnível existente nos trilhos.

mostram-se, a seguir, os métodos utilizados para essas determinações:

- Autocolimação;
- Nivelamento geométrico;
- Nível eletrônico;

3.2. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS:

3.2.1. Autocolimação:

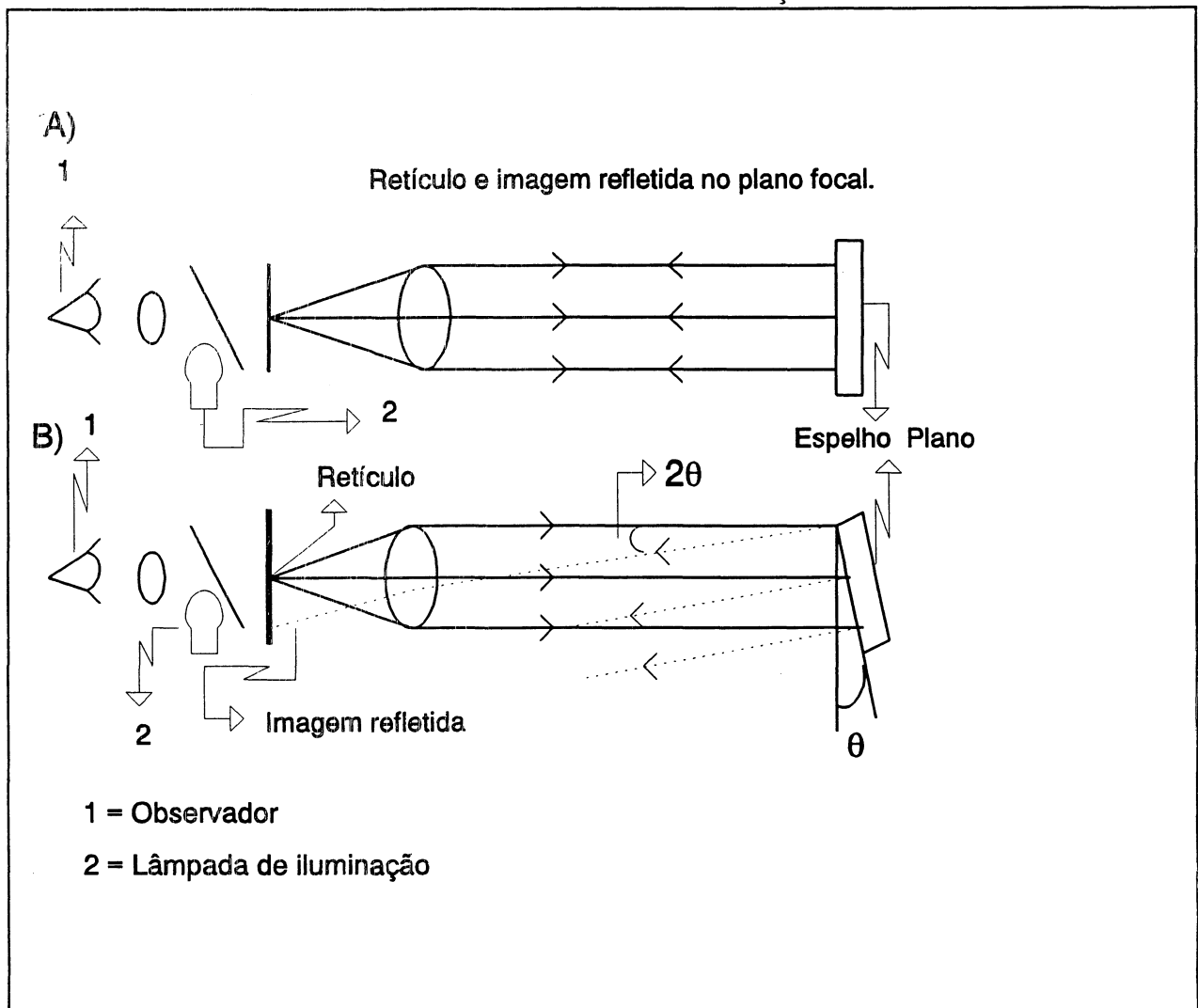
3.2.1.1. Definição:

Em ótica, colimar é produzir raios paralelos. No campo das medições industriais e no ajuste de instrumentos topográficos possui também, o sentido de colocar em paralelo a linha de pontaria de dois instrumentos.

Auto-colimar é emitir raios de luz paralelos entre si a um espelho perpendicular, de maneira que os raios refletidos retornem ao ponto de emissão.

Autocolimação é o processo de apontar para um espelho oticamente plano com a luneta focalizada para o infinito. O retículo que está no plano focal da luneta é iluminado por uma lâmpada. Os raios luminosos saem da luneta paralelos. Se o espelho está perpendicular à linha de visada, os raios voltam sobre si mesmos, formando uma imagem no plano focal na posição do retículo. Observando-se através da luneta, pode-se ver que o retículo está em coincidência com a imagem refletida (JAKSON, [197-]).

FIGURA 15 - AUTOCOLIMAÇÃO



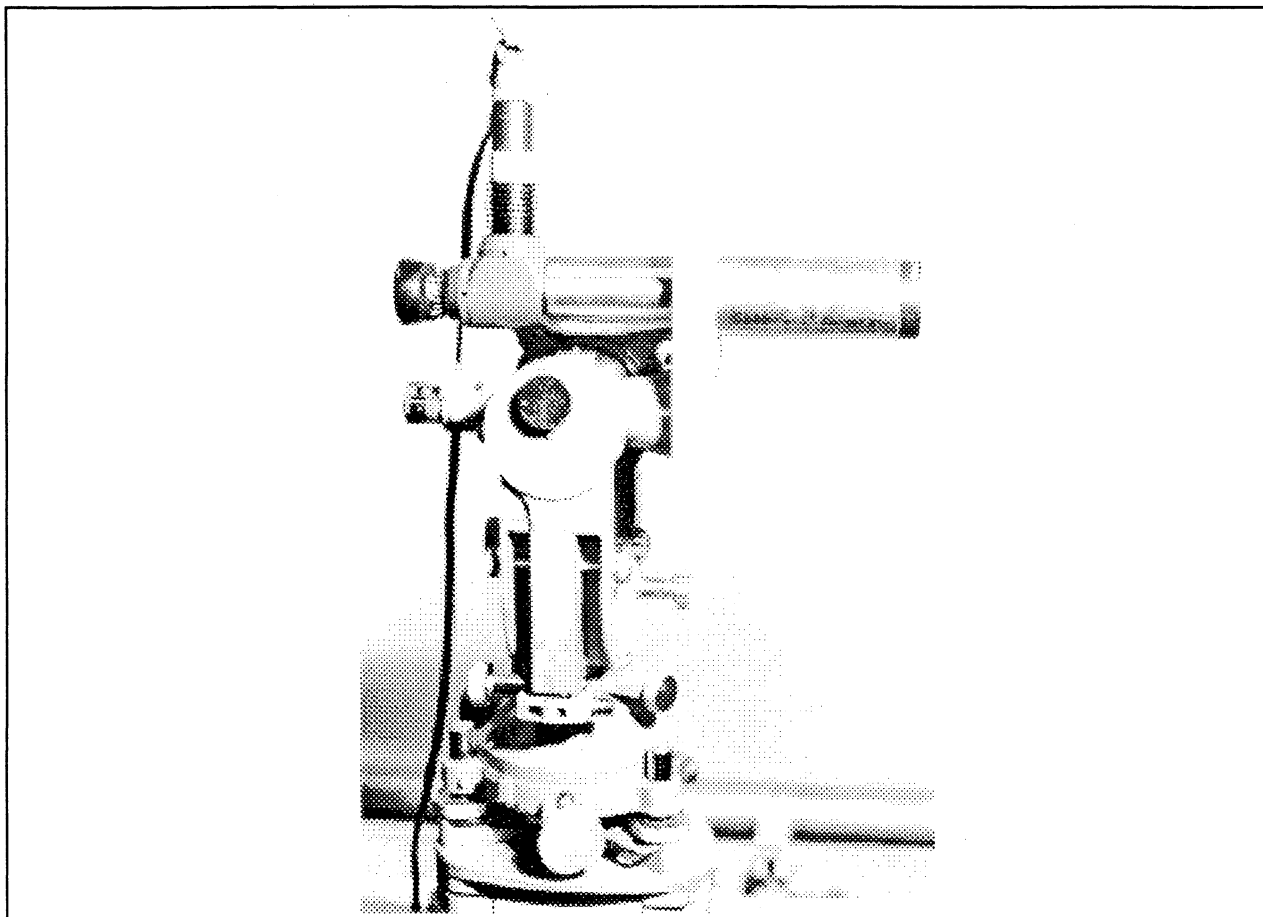
a) Retículo e imagem refletida estão em coincidência. Linha de visada perpendicular à superfície do espelho.

b) O espelho está inclinado de um ângulo θ , desta maneira os raios refletidos são desviados de 2θ . Retículo e imagem não coincidem.

3.2.1.2. Características dos equipamentos utilizados:

Neste método, utilizou-se um teodolito Wild T2, um colimador de ajuste adaptado ao teodolito, e um espelho plano com espelhamento frontal.

FIGURA 16 - TEODOLITO WILD T2 E COLIMADOR ADAPTADOS



- **Teodolito Wild T2:** (TEODOLITO, [ca. 1960]).

Imagem invertida

Aumento da luneta ----- 28 Vezes

Distância mínima de visada ----- 1,5 m

Constante multiplicativa ----- 100

Sensibilidade da bolha para 2mm de deslocamento:

| | |
|-----------------------|-----|
| Bolha tubular ----- | 20" |
| Bolha bipartida ----- | 30" |
| Bolha circular ----- | 08 |

Diâmetro do círculo horizontal de cristal - 90 mm

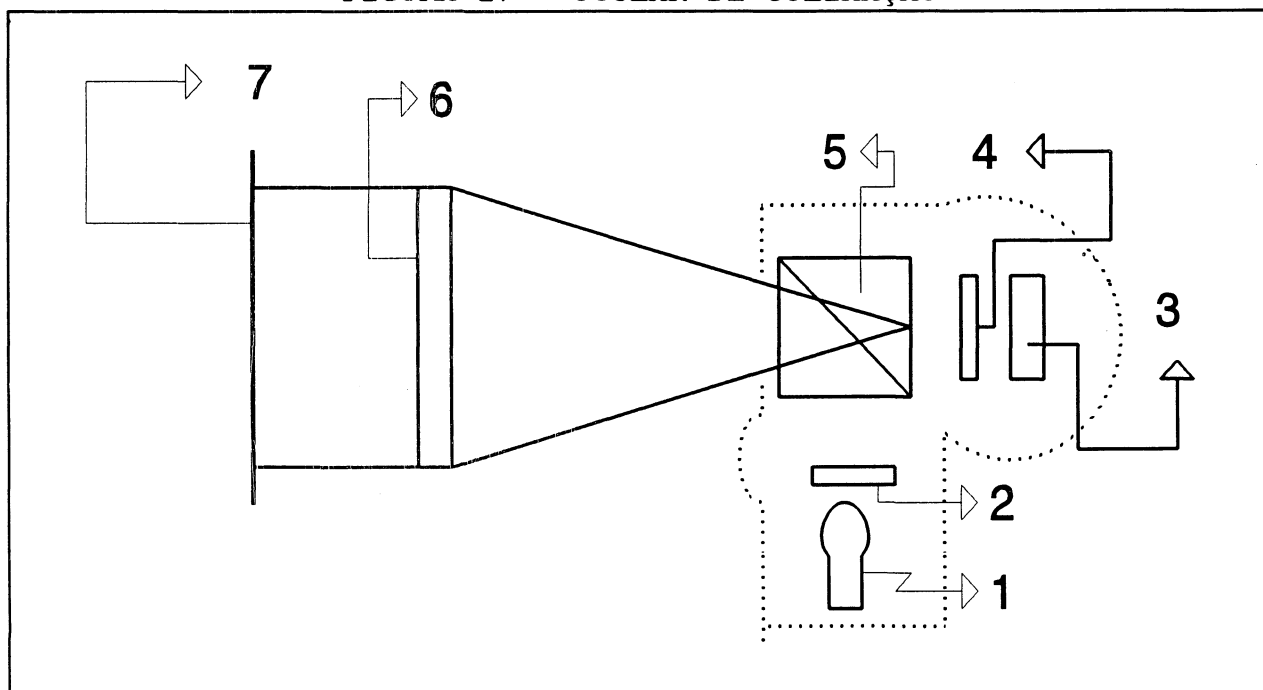
Intervalo de gravação do limbo ----- 70 mm

Menor intervalo de escala do micrômetro ótico 01"

- Autocolimador:

Luneta com focalização para o infinito, retículo no plano focal e iluminado por uma lâmpada de tungstênio pelo lado da ocular (JAKSON, [197-]).

FIGURA 17 - OCULAR DE COLIMAÇÃO



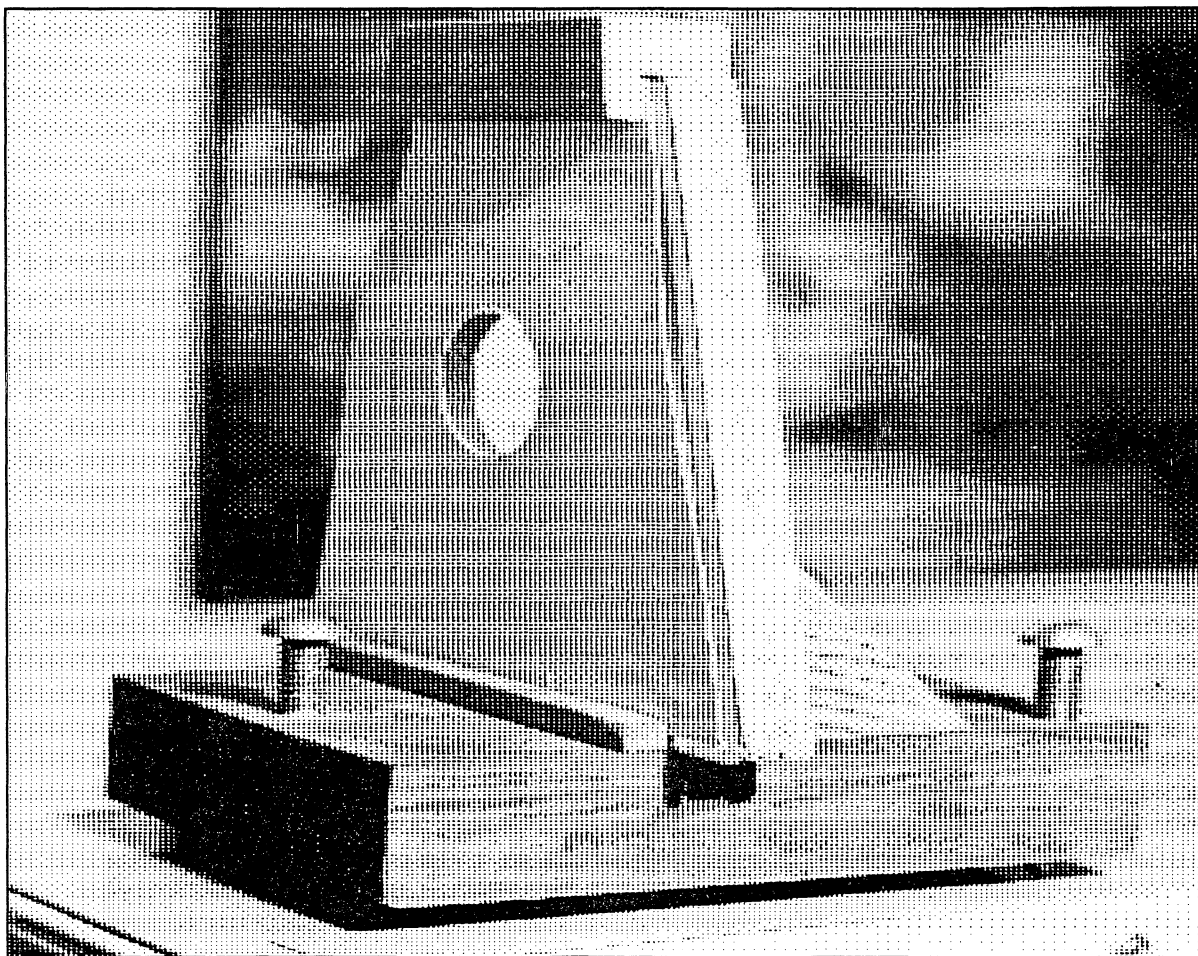
- 1 - Lâmpada; 2 - Retículo autocolimador; 3 - Ocular;
 4 - Retículo da objetiva; 5 - Divisor de raios;
 6 - Objetiva da luneta; 7 - Espelho plano.

- Espelho:

Os espelhos usados em autocolimação devem ser opticamente planos e espelhados na superfície frontal. Eles são normalmente de cristal, podendo-se também usar superfícies polidas, desde que perfeitamente planas (JAKSON, [197-]).

No trabalho realizado no Laboratório de Aferição da UFPr, instalou-se um espelho, com espelhamento frontal, perpendicular a uma base com três parafusos calantes.

FIGURA 18 - ESPELHO PLANO MONTADO PERPENDICULARMENTE EM UMA BASE COM TRÊS PARAFUSOS CALANTES



3.2.1.3. Procedimentos:

No desenvolvimento deste método, instalou-se o teodolito com o colimador adaptado, num extremo dos trilhos; no outro extremo, sobre o carrinho colocou-se o espelho plano. Outro detalhe importante, é que a altura do centro do colimador ao piso do laboratório deve ser igual a altura do centro do espelho plano ao mesmo referencial.

O sinal luminoso emitido pelo colimador sobre o espelho plano, deve retornar para o colimador com um sinal em forma de cruz. Para se obter essa imagem refletida é necessário que haja perpendicularidade entre o espelho plano e linha de visada. Caso isso não ocorra, o operador deverá atuar nos parafusos calantes da base do espelho plano, até obter o retorno do sinal.

O método consiste em se fazer coincidir o retículo graduado do colimador e o retículo autocolimador (em forma de cruz) refletido pelo espelho plano; para se fazer essa coincidência, atua-se nos parafusos micrométricos do movimento horizontal e vertical do teodolito.

Admitindo-se o ponto de referência no extremo oposto ao do teodolito, faz-se a coincidência do retículo do colimador com a imagem refletida pelo espelho plano anotando-se o ângulo vertical. Deslocando-se a estrutura de uma distância qualquer (utilizou-se um intervalo de 10 cm) o ponto de incidência do sinal no espelho muda, isso ocorre devido ao não alinhamento dos trilhos, por isso, a imagem refletida pelo espelho e o retículo graduado do colimador não mais se sobrepõem. Atuando-se novamente nos parafusos

micrométricos do movimento vertical e horizontal do teodolito, faz-se a coincidência; gerando um novo ângulo vertical (procedimento esse repetido para toda a extensão do trilho).

A diferença entre o segundo e o primeiro ângulo lido, fornece o dobro do ângulo de inclinação do espelho do segundo ponto em relação ao primeiro. O ângulo de inclinação do espelho é igual ao ângulo de inclinação do prisma refletor do interferômetro. Sabendo-se a distância do centro do refletor ao centro do eixo do carrinho, e utilizando o ângulo determinado, pode-se calcular, através da resolução do triângulo retângulo, qual é a correção no ponto em questão:

$$c = h \operatorname{tg}(\beta / 2) \quad (6)$$

sendo:

h = diferença entre o centro do refletor e o centro do eixo do carrinho.

β = ângulo de inclinação do refletor

c = correção

3.2.1.4. Resultados:

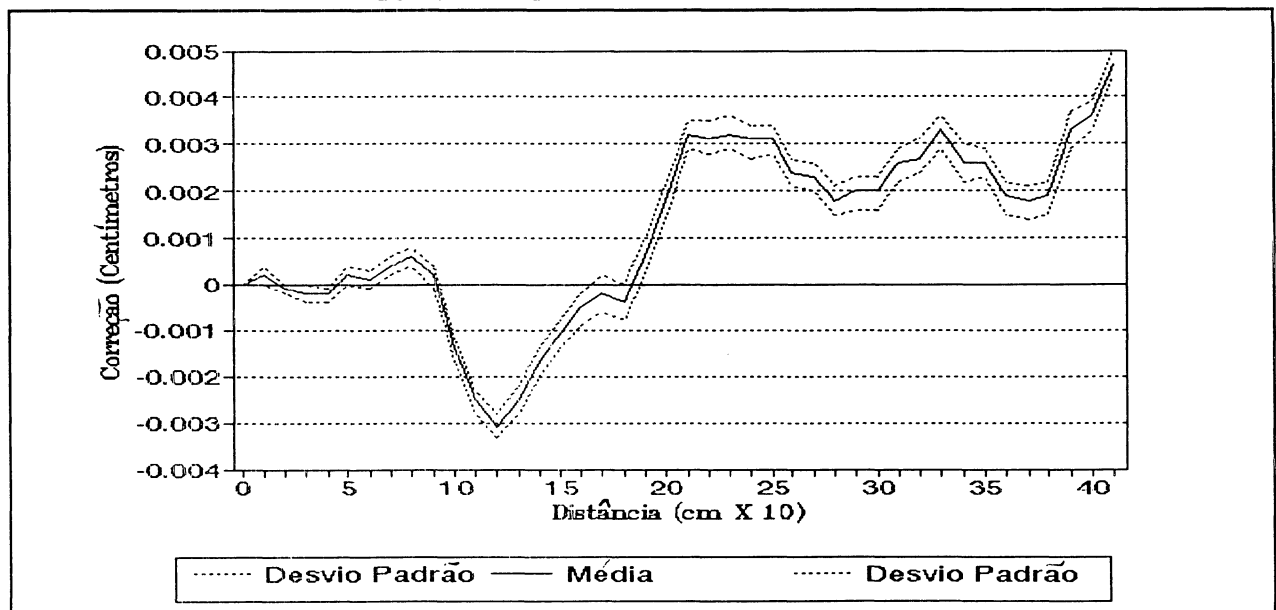
O presente experimento realizou-se para toda a extensão dos trilhos (4m), sendo o intervalo entre observações de 10 cm. Foi repetido por seis vezes, para se obter uma média e um desvio padrão das observações. A formula utilizada para o cálculo do desvio padrão pontual foi (GEMAEL, 1974).

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

A média do desvio padrão pontual, obtida através do cálculo da média aritmética dos desvios padrão pontuais, para este experimento, foi de $\sigma = \pm 0,29 \mu\text{m}$.

No gráfico abaixo, o valor médio é mostrado pelo traço central, as outras duas linhas representam o desvio padrão pontual.

FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DA MÉDIA COM SEUS DESVIOS PADRÕES PONTUAIS



3.2.2. Nivelamento geométrico de precisão:

3.2.2.1. Definição:

No nivelamento geométrico, a diferença de nível entre dois pontos é determinada pela diferença de leituras feitas sobre duas miras, estacionadas nos pontos considerados, utilizando-se uma luneta com eixo ótico horizontalizado. Os instrumentos especialmente construídos para essa operação, caracterizam-se pela junção de uma luneta e um nível de boa sensibilidade, denominados por esse motivo, níveis de luneta, ou simplesmente níveis (BRASIL, 1960) .

Existem quatro métodos principais de nivelamento geométrico, a saber :

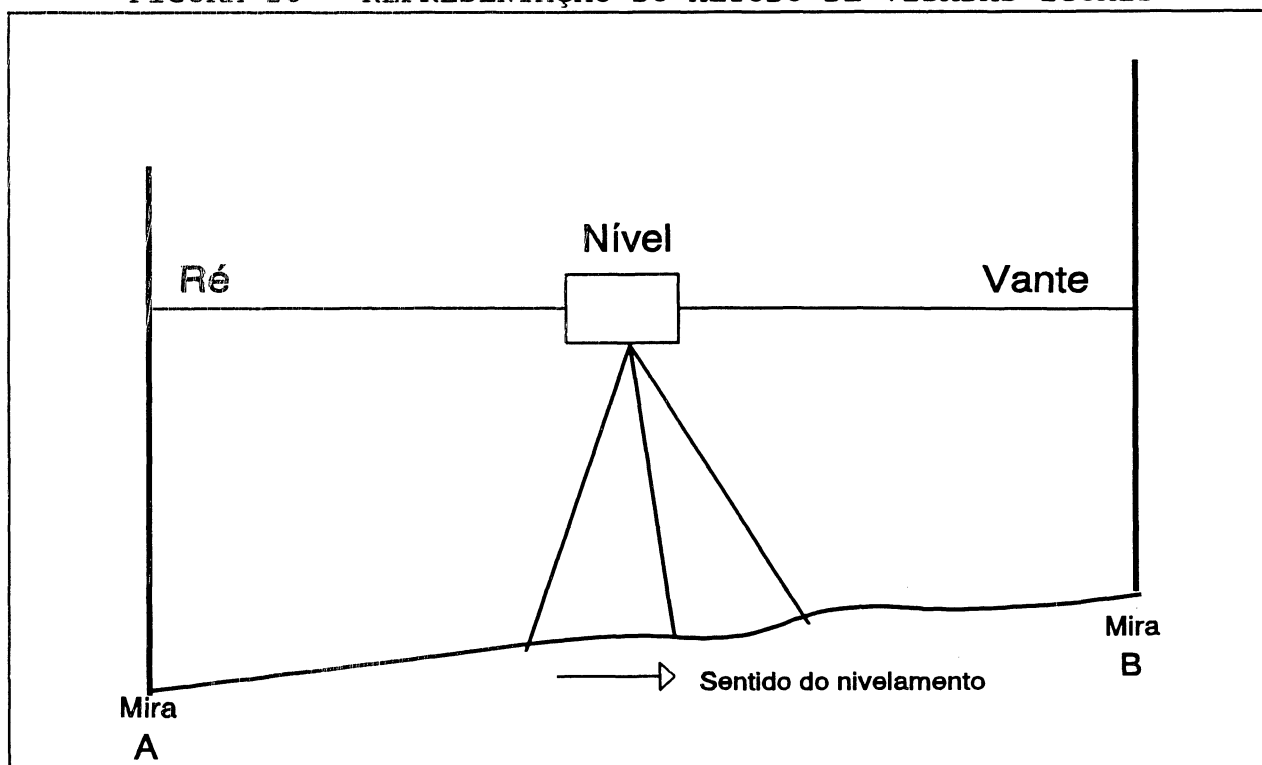
- 1 - visadas iguais
- 2 - visadas extremas
- 3 - visadas recíprocas
- 4 - visadas equidistantes

O método utilizado, foi o de visadas iguais.

3.2.2.2. Método das visadas iguais

Consiste em fazer leituras sobre a graduação de duas miras igualmente espaçadas do nível e colocadas sobre os pontos em que se deseja determinar a diferença de nível (PONTES e DOUBEK, 1981).

FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DO MÉTODO DE VISADAS IGUAIS



Apontar o nível para a mira "A", fazer a leitura, girar o nível para a mira "B", e fazer a leitura.

Chamando-se de **ré** e **vante** as leituras feitas sobre as miras "A" e "B", tem-se o desnível dado pela fórmula :

$$\Delta H_{ab} = R - V \quad (8)$$

onde:

ΔH_{ab} = Desnível entre as posições "A" e "B".

R = Leitura da mira em **ré**.

V = Leitura da mira em **vante**.

A grande vantagem deste método em relação aos outros, é a eliminação dos erros provocados pela curvatura da terra, pela refração atmosférica, e erro de colimação vertical. Nas observações de laboratório são eliminados os erros de colimação vertical, pois, os outros são insignificantes no caso.

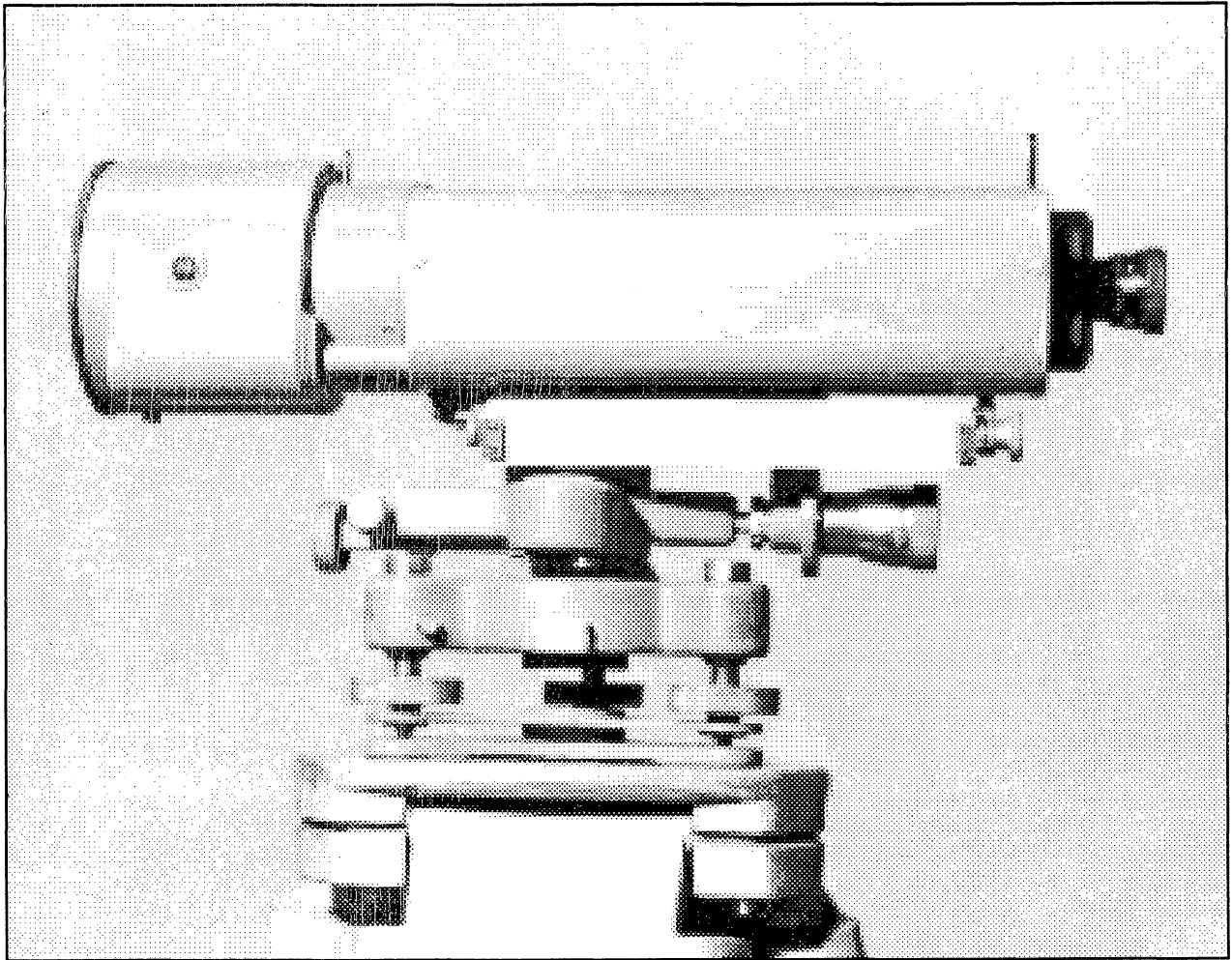
3.2.2.3. Características dos equipamentos utilizados :

Utilizou-se o nível Wild N3, por ser adequado para trabalhos que requerem alta precisão.

- Nível Wild N3 (WILD, [ca 1960]).

| | |
|---|----------|
| . Aumento da luneta | 42 Vezes |
| . Abertura livre da objetiva | 50 mm |
| . Distância mínima de focalização | 2,0 m |
| . Sensibilidade do nível tubular para 2mm . | 10 " |
| . Distância do campo visual para 1000 m ... | 18 m |
| . Constante multiplicativa | 100 |
| . Constante de adição em centímetros | - 20 |
| . Tamanho da luneta em milímetros | 290 |

FIGURA 21 - NÍVEL WILD N3



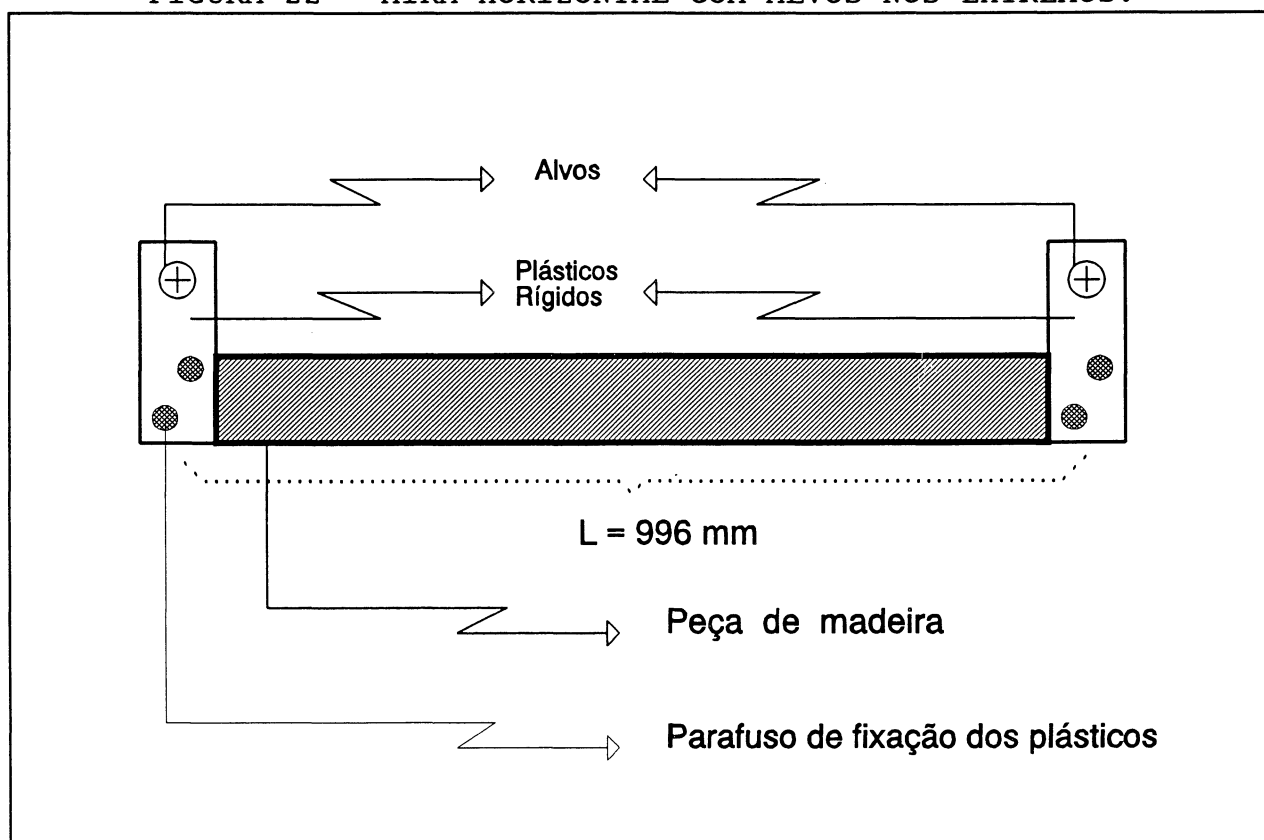
Outro equipamento utilizado foi uma mira horizontal, com um alvo em cada extremo, permitindo uma pontaria de alta precisão.

- Mira horizontal com alvo nos extremos

Não existindo no mercado um equipamento próprio para esse trabalho, confeccionou-se no laboratório, uma mira horizontal, que consta de :

- uma peça de madeira de 7 cm X 5 cm com aproximadamente 1 m de comprimento (utilizou-se a madeira por estar disponível no laboratório);
- dois plásticos rígidos brancos de 3 cm X 1 mm com 10 cm de comprimento fixados com dois parafusos, um em cada extremo da madeira;
- dois alvos pretos em forma de círculo, com 1 cm de diâmetro e um retículo no centro, colocados um em cada plástico rígido no seu extremo superior.

FIGURA 22 - MIRA HORIZONTAL COM ALVOS NOS EXTREMOS.



3.2.2.4. Procedimentos.

Coloca-se a mira horizontal sobre o carrinho que se desloca sobre os trilhos, e o nível perpendicular ao trilho, afastado de aproximadamente 3 m .

Para se obedecer o requisito do método de visadas iguais, ou seja, que a distância da mira de **ré** e a distância da mira de **vante** sejam aproximadamente iguais, procedeu-se da seguinte maneira:

Dividiu-se os quatro metros do trilho em três partes, admitindo-se a mesma origem do método anterior, com o carrinho que se desloca sobre os trilhos próximo ao emissor de sinal laser, colocou-se o nível no meio do primeiro intervalo perpendicular aos trilhos.

Fazendo-se leituras em **ré** e **vante** no ponto de origem, a diferença entre elas fornecem um ΔH para aquele ponto.

Com o valor de ΔH , e sendo "L" conhecido, determina-se o valor de β (ângulo de inclinação do refletor), no ponto em questão, através da formula:

$$\beta = \arctg (\Delta H / L) \quad (9)$$

onde:

L = distância entre os alvos

β = ângulo de inclinação

ΔH = diferença de nível determinado

Quanto melhor a determinação do valor de "L" melhor será o valor de " β ", para isso, mediu-se a distância entre os alvos da peça de madeira, com interferômetro e chegou-se ao valor de 996 mm.

Com esses dados, calcula-se o valor do ângulo " β " para o ponto origem. Desloca-se o carrinho do mesmo intervalo utilizado no procedimento anterior e determina-se o valor de ΔH e consequentemente um novo valor de " β ". A diferença entre o segundo e o primeiro ângulo, deverá ser aproximadamente igual ao valor obtido pelo método de autocolimação.

Após a determinação de ΔH , e o valor de β para o primeiro intervalo do trilho, desloca-se o nível de um metro, mantendo-se a mesma posição para a mira horizontal. Repete-se a leitura com uma origem diferente para o nível.

Calculando-se o valor de ΔH para a posição 1 e 2 do nível, encontra-se uma constante de correção que deverá ser aplicada para as leituras do segundo intervalo.

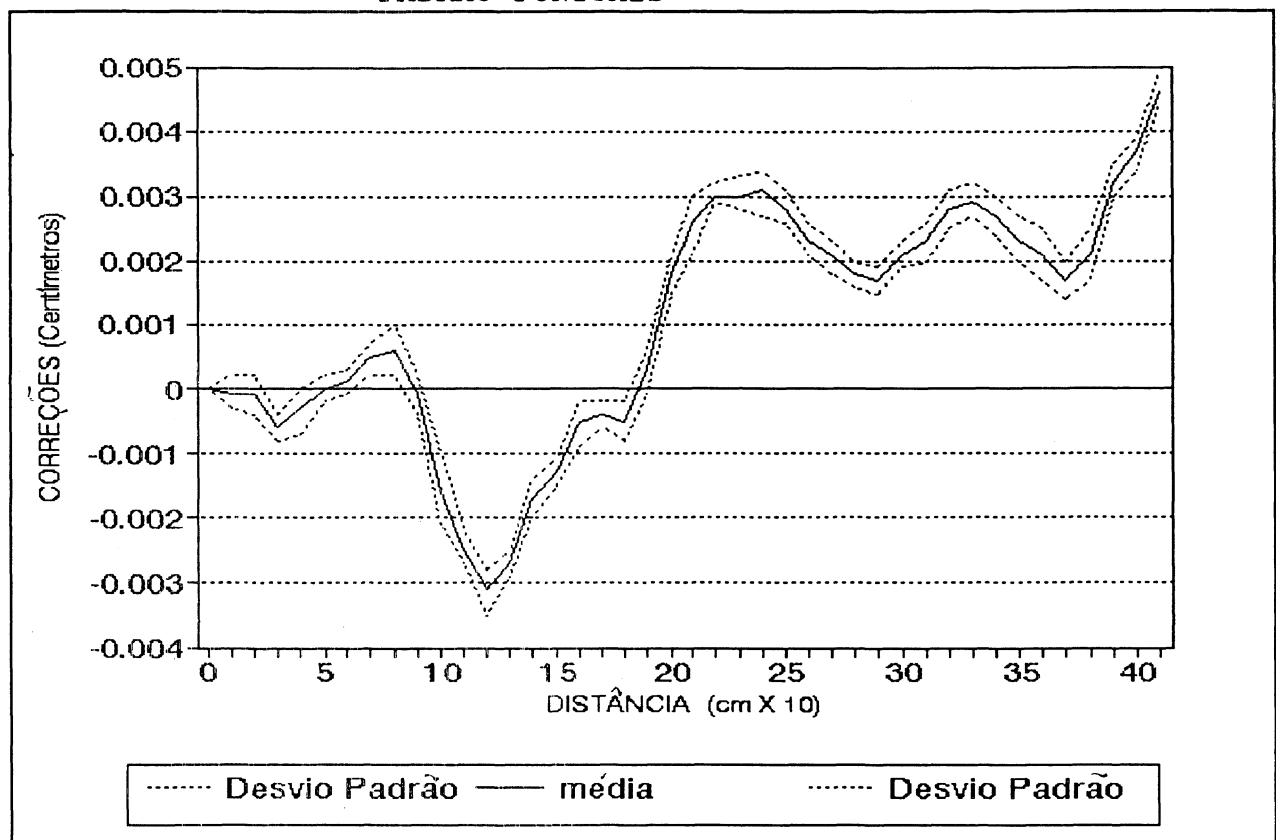
Os testes foram realizados em laboratório, e como o tripé do nível foi apoiado sempre no mesmo triângulo e o piso praticamente um plano, o valor dessa correção é ignorado.

3.2.2.5. Resultados

Também foi realizado uma série de 6 observações em cada ponto. Utilizando a fórmula (7) para o cálculo do desvio padrão pontual e calculando a média aritmética dos desvios padrão pontuais, para este método, chega-se ao valor de $\sigma = \pm 0,27 \mu\text{m}$

O gráfico a seguir, como no método da autocolimação, representa o valor médio das observações, o intervalo correspondente ao desvio padrão pontual e a correção no comprimento dado pelo não alinhamento dos trilhos (fig.20).

FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO DA MÉDIA COM SEUS DESVIOS PADRÃO PONTUAIS

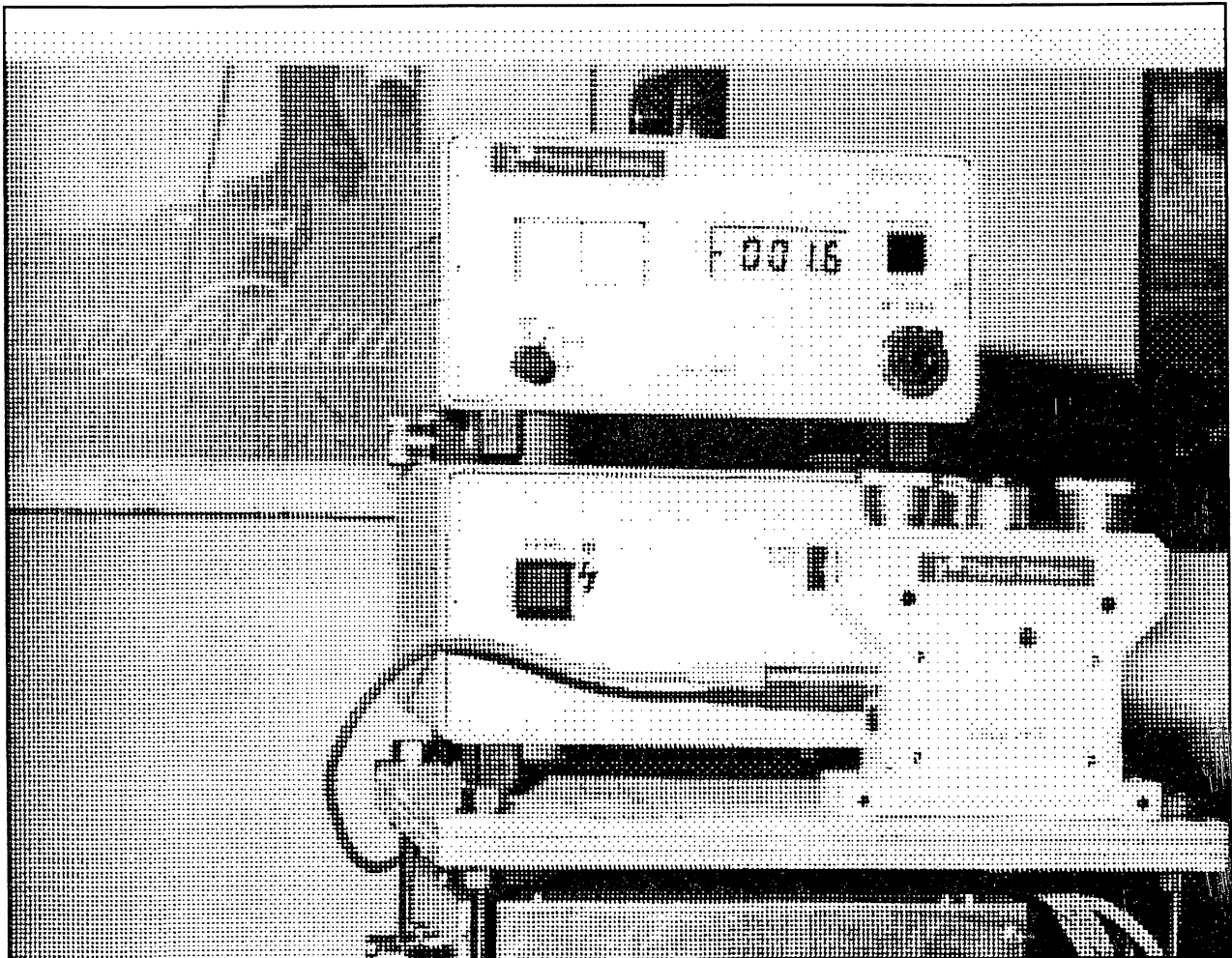


3.2.3. Nivelamento com Nível Eletrônico "TALYVEL"

3.2.3.1. Generalidades

O nível eletrônico "Talyvel", é um nível baseado em corpo suspenso e cuja amplitude de medida é de -600 " até +600 " (segundos de arco). No desenvolvimento deste texto, refere-se ao nível eletrônico "Talyvel" pela sigla NECS (nível eletrônico de corpo suspenso).

FIGURA 24 - NÍVEL ELETRÔNICO "TALYVEL 3"



3.2.3.2. Especificações Técnicas do Equipamento (TALYVEL3, s.a.).

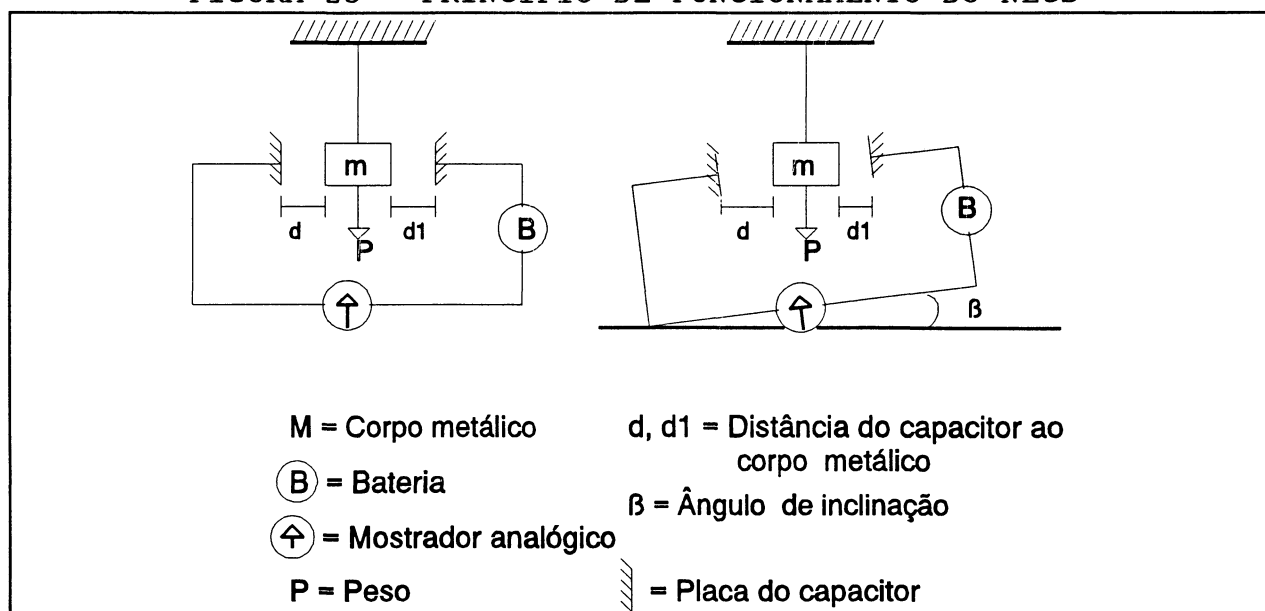
- Leitura no mostrador: são mostradas com quatro dígitos, com uma casa decimal; indica também quando a carga da bateria está baixa;
- tempo de estabilização da medida no mostrador: 3s (máximo);
- amplitude de medida: de - 600 " a + 600 " ou de -3 a +3 mm/m;
- precisão das medidas: como uma unidade de nível a precisão das medidas é de 2% ou 0,2" de arco;
- sensibilidade térmica: o equipamento pode atuar com uma variação térmica de -5 ° C a +40 ° C.

3.2.3.3. Princípio de funcionamento:

O funcionamento do NECS baseia-se em um corpo suspenso em um campo elétrico. A variação do campo elétrico será correlacionada com a inclinação do equipamento.

Quando inclina-se o NECS, o corpo metálico se aproxima de uma das placas do capacitor. Supondo que o corpo metálico está mais próximo da placa 1 do capacitor, então d é menor que d_1 , em virtude disto, ocorre uma alteração no campo elétrico, variando a tensão; essa variação pode ser interpretada eletronicamente como uma inclinação do equipamento (TALYVEL, s.a.).

FIGURA 25 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO NECS



3.2.3.4. Procedimentos.

O processo consiste em colocar a composição do nível eletrônico sobre o carrinho, utilizando-se a mesma origem do método anterior, registra-se o ângulo da inclinação do nível e consequentemente do carrinho no ponto em questão, deslocando o carrinho de uma distância também de 10 cm para poder comparar os métodos entre si, registra-se o ângulo no segundo ponto.

A diferença entre o segundo e primeiro ângulos lidos, fornece diretamente o ângulo de inclinação do segundo ponto em relação ao primeiro. Esta operação foi repetida para toda a extensão do trilho como nos outros métodos.

Vantagens desse procedimento: rapidez e precisão com que são feitas as leituras.

Um fator também importante é a independência do método em

relação ao observador, uma vez que não é necessário pontaria, como nos métodos anteriores, melhorando assim a qualidade das leituras.

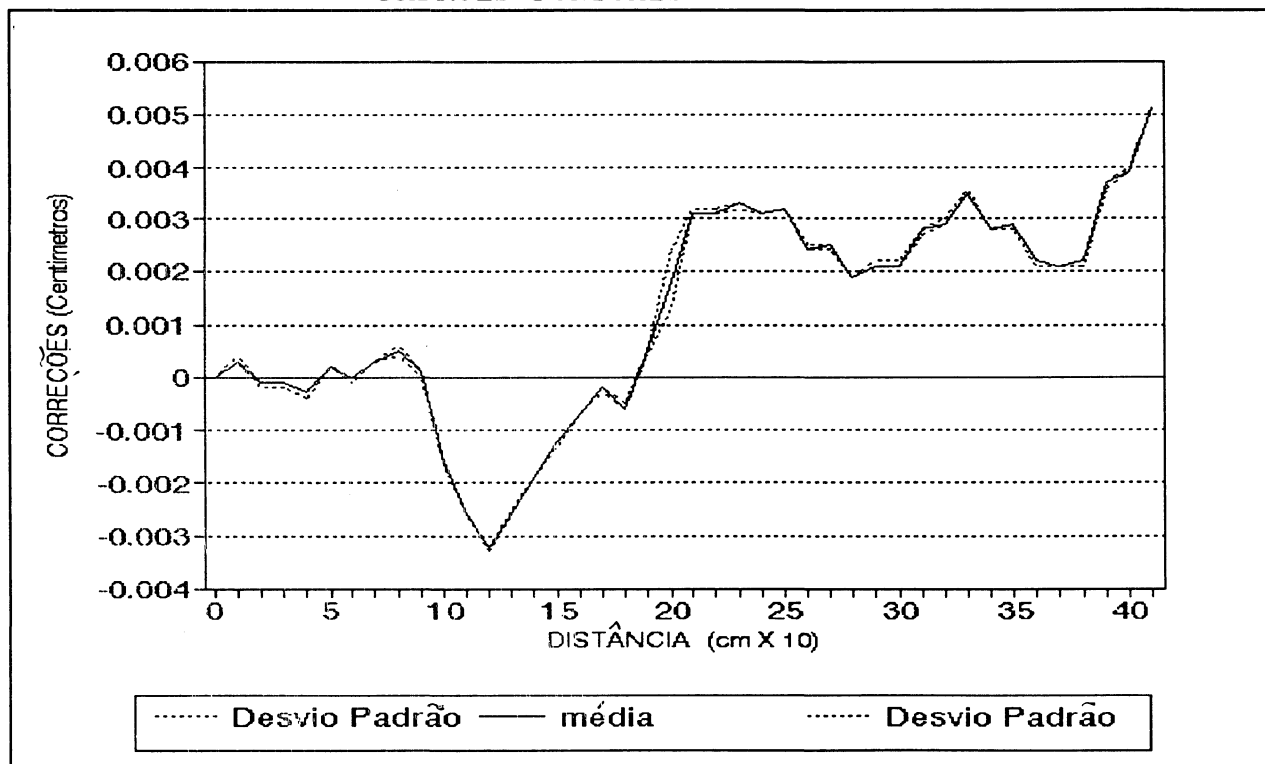
3.2.3.5. Resultados.

Como nos métodos anteriores, realizaram-se seis observações em cada ponto, em toda a extensão dos trilhos.

Neste método também calculou-se o desvio padrão pontual, com a formula (7), e a média aritmética dos desvios padrão pontuais, chegou-se ao valor de $\sigma = \pm 0,048 \mu\text{m}$.

Abaixo, estão representados os resultados obtidos por esse método.

FIGURA 26 - REPRESENTAÇÃO DA MÉDIA COM SEUS DESVIOS PADRÕES PONTUAIS



3.2.4. Análise dos métodos utilizados

Como, a concepção de cada método é totalmente diferente, analisa-se a seguir, a precisão obtida em cada um deles.

3.2.4.1. Auto-colimação:

Consegue-se repetir a leitura de um ângulo com teodolito, em condições laboratoriais, em torno de um segundo.

O autocolimador que foi utilizado no desenvolvimento desse trabalho, tem precisão variável, isso em função da distância entre o colimador e o espelho plano. Quanto mais afastado o colimador está do espelho, a imagem refletida é maior, e perde-se na qualidade na pontaria.

3.2.4.2. Nivelamento geométrico de precisão:

Para se desenvolver um bom trabalho, a qualidade dos alvos utilizados para a pontaria é indispensável.

O nível com placa plano-paralela (caso do nível Wild N3), permite a leitura do décimo do milímetro, e estimativa do centésimo do milímetro.

Pode-se considerar com segurança, que em condições de laboratório a repetibilidade nas leituras, é de mais ou menos 0,01mm, para pontarias seguidas, considerando a bolha bi-partida imóvel.

Para alvos separados de um metro, consegue-se determinar variações na ordem do milésimo do milímetro, ou seja, 0,01mm. Tais variações provocam, alterações angulares de aproximadamente dois

segundos de arco.

3.2.4.3. Nível Eletrônico Talyvel:

O nível Talyvel tem uma incerteza melhor do que 2% da leitura, ou, 0,2" (TALYVEL3, s.a.). Isso significa que leituras feitas com esse equipamento, têm uma precisão cinco vezes maior do que o teodolito "WILD" T2.

O nivelamento que utiliza o nível eletrônico tem melhor precisão pois não sofre interferência do observador, (não é feita pontaria, uma das fontes de erro nos métodos anteriores); dispensa também a coincidência de traços, necessários nas leituras de ângulos com teodolito.

Utiliza-se esse método para gerar o arquivo de correções devido ao não alinhamento dos trilhos, pois é mais seguro e mais rápido.

Para gerar o arquivo de correções, as medidas da inclinação do refletor foram realizadas de centímetro em centímetro; e através de um programa computacional, interpolou-se cada intervalo do centímetro para o milímetro, obtendo-se assim o valor da correção devido a inclinação do refletor, para cada milímetro dos quatro metros dos trilhos.

CAPÍTULO IV

AFERIÇÃO DE MIRAS VERTICAIS DE ÍNVAR COM SISTEMA ELETRÔNICO

4.1. INTRODUÇÃO:

Aferir miras com sistema eletrônico, significa a automação do sistema. Ou seja, substitui-se o sistema de pontaria por um microscópio fotoelétrico que fará as leituras dos traços da fita de ínvar automaticamente, e, através de um sistema de comunicação as leituras são armazenadas no disco rígido do computador.

Dividiu-se o capítulo nos seguintes itens:

- Equipamentos.
- Sistema eletrônico de leituras
- Transferência dos dados.
- Metodologia utilizada na aferição.
- Processamento dos dados.
- Resultados.

4.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS:

A aferição de miras verticais de ínvar com sistema eletrônico, é um aperfeiçoamento do sistema ótico-mecânico.

Os equipamentos utilizados no método anterior valem para este método, com exceção do sistema de pontaria que é substituído por um microscópio fotoelétrico. Apresenta-se neste, as características técnicas dos equipamentos que são acrescentados no sistema, a saber:

- Servoacionamento CC.
- Servomotor CC.
- Caixa de redução.
- Microscópio fotoelétrico.
- Fonte de iluminação fria.
- Cabo de comunicação do interferômetro com o microcomputador.
- Placa de comunicação.
- Microcomputador AT 286.
- Sistema de polias.
- Cabo de aço

4.2.1. Características técnicas

- Servoacionamento CC¹: A finalidade deste equipamento é controlar a velocidade de deslocamento do carrinho.

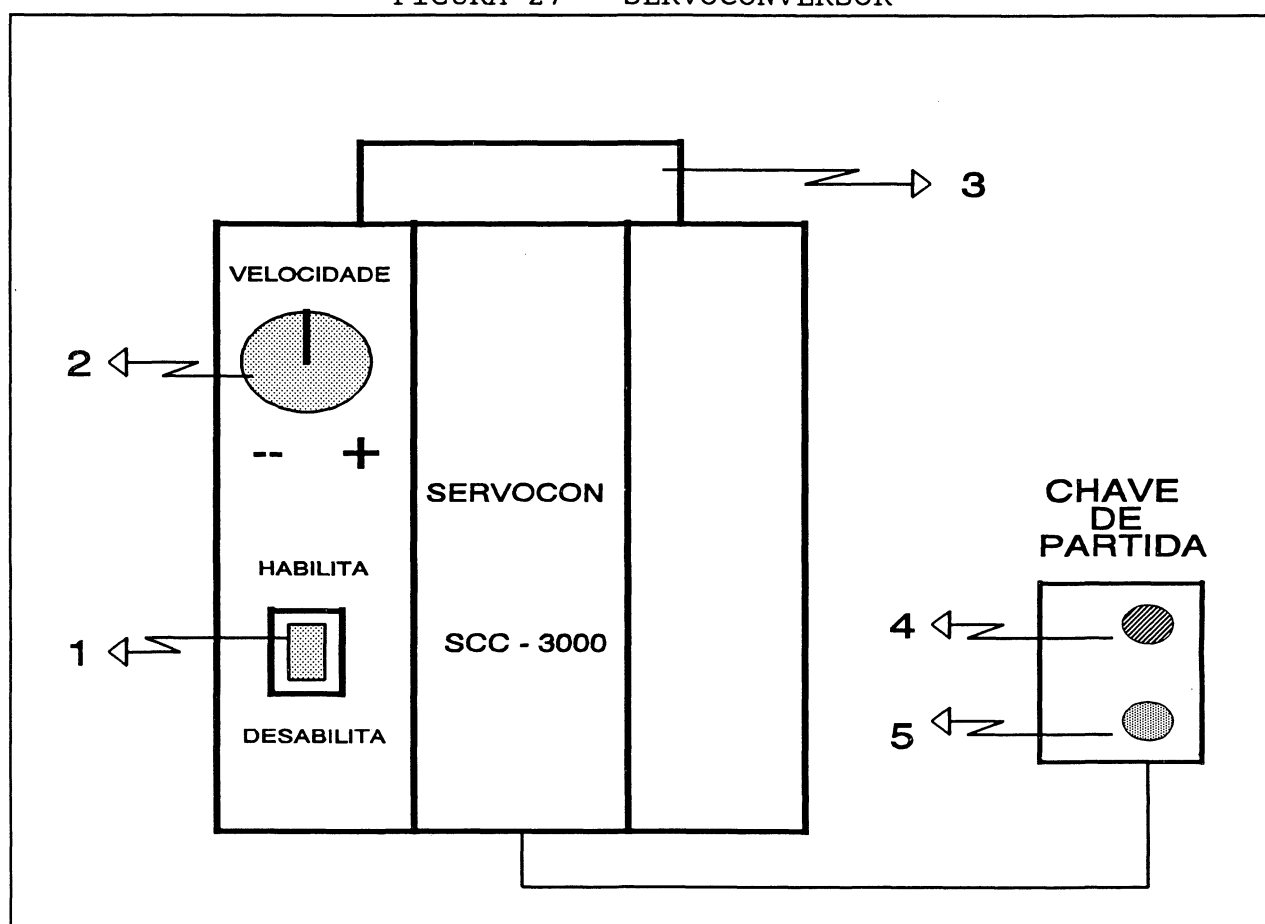
É alocado em um bastidor de alumínio com dimensões de

¹ CC: corrente contínua

32cm X 19 cm com profundidade de 30cm. A refrigeração é feita por um ventilador montado na parte superior do bastidor. Esse equipamento é alimentado por um transformador trifásico com 0,75 KVA de potência (WEG, 1989).

- . Tensão de alimentação 220 V +10% -5%
- . Frequência da rede 50 / 60 Hz \pm 5%
- . Temperatura de operação 0 à 40 °C
- . Altitude 0 à 1000 m

FIGURA 27 - SERVOCONVERSOR



- 1 - Chave liga - desliga; 2 - Chave do controle de velocidade; 3 - Ventilador; 4 - Liga o servoconversor; 5 - Desliga o servoconversor

- Servomotor CC: O servomotor SMC-63-02-20 tem as seguintes especificações (WEG, 1989):

- . Torque nominal 2,2N.m
- . Rotação máxima 2000 rpm
- . Potência requerida:
 - Fonte 220 V +10% -5%
 - Frequência 60 Hz \pm 5%
- . Peso 11,4 Kg

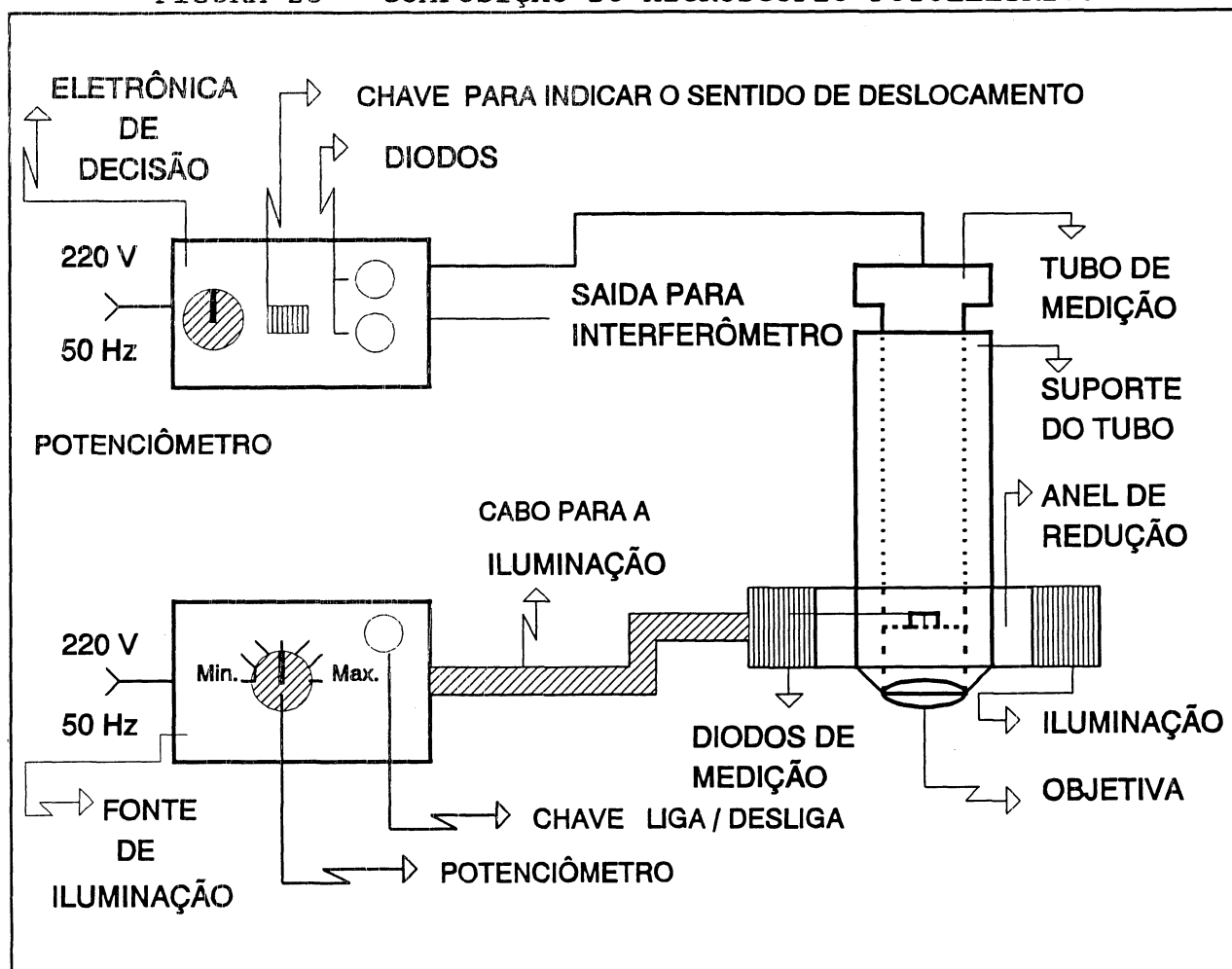
- Caixa de ReduçãoGR00 1/25

- Microscópio Fotoelétrico: Esse equipamento é composto de duas unidades, um sensor e uma unidade controladora.

O potenciômetro da unidade controladora permite ao operador variar a sensibilidade dos díodos na captação das imagens. Existe também uma chave que possibilita a inversão do sentido de medida, e dois díodos "led" (um verde e um vermelho) que indicam o sentido das medições

O equipamento foi concebido pela equipe do Professor Harald Schlemmer, da Universidade de Darmstadt, na República Federal da Alemanha. Tal equipamento não veio acompanhado de um manual onde constasse as características técnicas.

FIGURA 28 - COMPOSIÇÃO DO MICROSCÓPIO FOTOELÉTRICO



- Fonte de iluminação fria (BEDIENUNGSANLEITUNG

LICHTQUELLEN, 1984):

. Potência requerida

| | |
|------------------|-------|
| Fonte | 220 V |
| Frequência | 50 Hz |

- Cabo de comunicação interferômetro /

microcomputador: AWG -- LL33361CAS T2

- Placa de comunicação: IEEE-488 versão 5.2

- Microcomputador AT 286:

- . Computador IBM/PC AT
- . Unidade de processamento central 80286
- . Memória total 639 Kb
- . Porta serial 2
- . Porta paralela 2

- Sistema de Polias

- . Três polias montadas na saída da caixa da redução com 5 cm de diâmetro.
- . Uma polia fixada no ultimo pilar, em relação ao Laser, com 20 cm de diâmetro.

- Cabo de aço 2mm /diâmetro

4.3. SISTEMA ELETRÔNICO DE LEITURAS:

Todo o conjunto de equipamentos deve ficar ligado em uma só tomada para evitar variações de tensão nos equipamentos.

4.3.1. Tração do carrinho:

O sistema de tração do carrinho é compreendido pelo servoconversor, servomotor, caixa de redução, polias e cabo de aço.

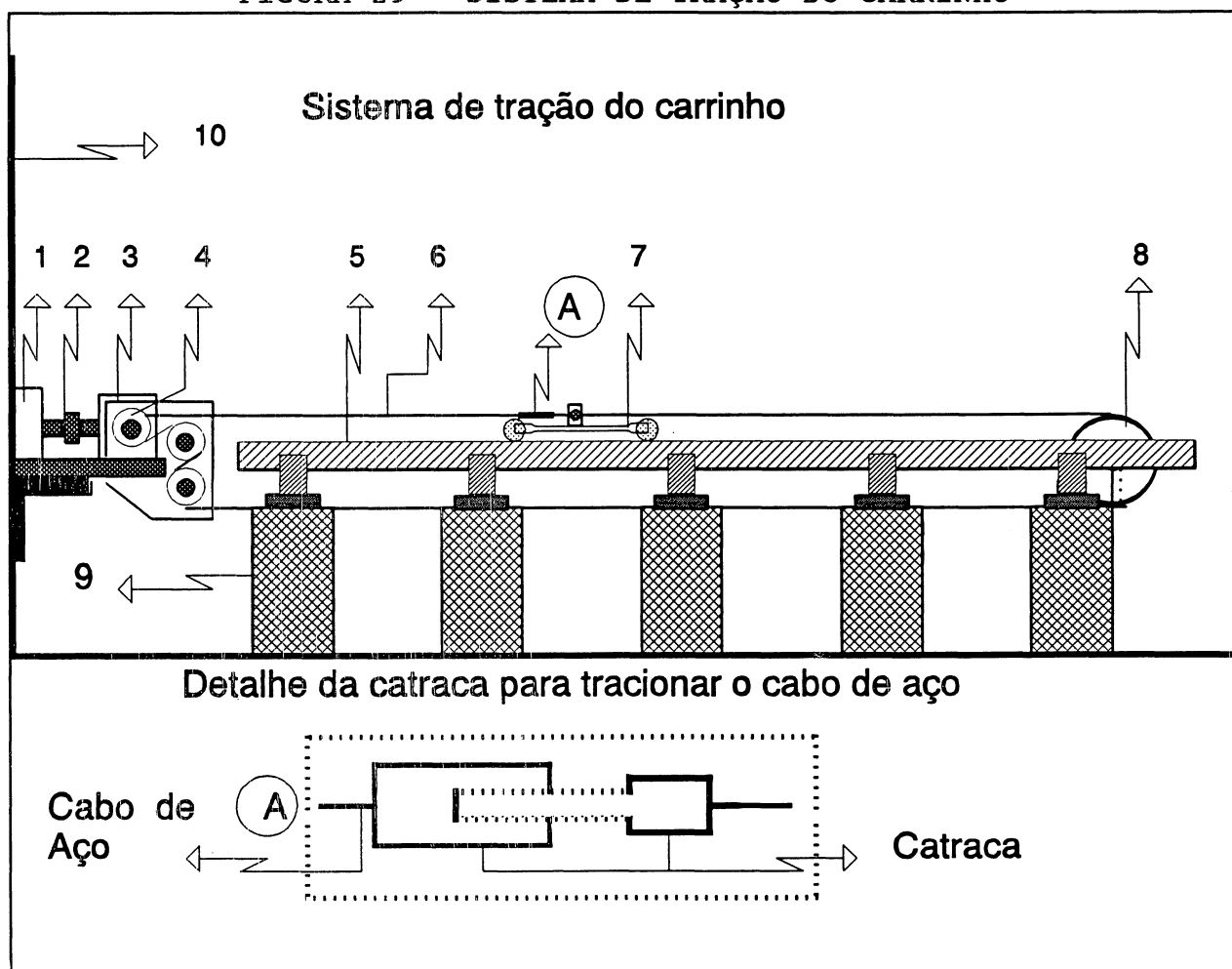
Através do potenciômetro do servoconversor, é possível regular a velocidade de rotação do servomotor e conseqüentemente a velocidade de deslocamento do carrinho, bem como o sentido de deslocamento.

Na saída do servomotor acoplou-se uma caixa de redução para diminuir a velocidade de rotação e dar maior força de tração.

O sistema de polias montado na saída da caixa de redução, tem a finalidade de aumentar a área de contato do cabo de aço evitando que o mesmo deslize sobre as polias quando estiver tracionando o carrinho.

A tensão no cabo de aço é feita por uma catraca montada próxima ao sistema de fixação do mesmo no carrinho, a catraca permite que o operador retire o cabo quando necessário.

FIGURA 29 - SISTEMA DE TRAÇÃO DO CARRINHO



- 1 - Servomotor; 2 - Eixo; 3 - Caixa de Redução; 4 - Polias;
 5 - Trilho; 6 - Cabo de aço; 7 - Carrinho; 8 - Polia;
 9 - Pilar; 10 - Parede.

4.3.2. O microscópio fotoelétrico:

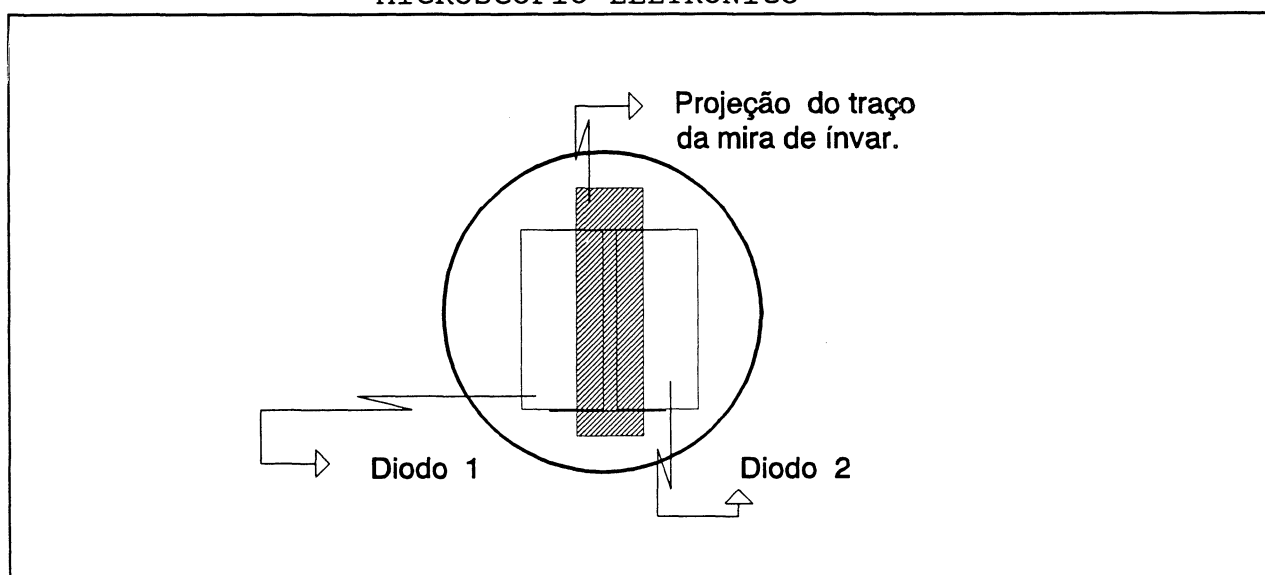
4.3.2.1. Princípio de medida:

O traço da mira de ínvar é projetado pela objetiva sobre um duplo diodo. A escala é escolhida de maneira que a projeção do traço seja um pouco menor do que a largura de um diodo.

Os dois diodos são ligados separadamente e são conduzidos a um amplificador alternadamente. Na eletrônica de definição os sinais vindos dos diodos são examinados por comparação para obter a igualdade.

Se os dois forem iguais, então no microscópio aparece uma figura simétrica, toda ela é clara entre os traços; ou a figura de um traço escuro é simétrica sobre os dois diodos.

FIGURA 30 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE LEITURA DO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO



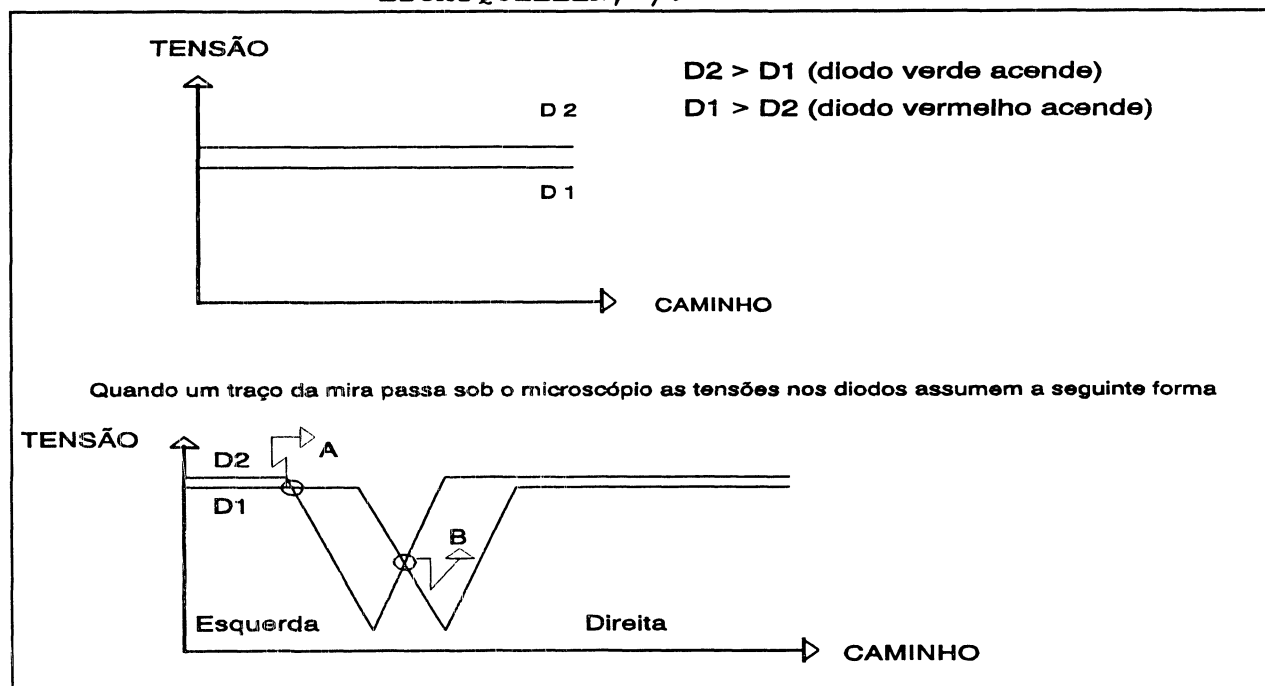
4.3.3.2. Apresentação prática:

Na prática o princípio de medida apresentado anteriormente não é completo.

Pode ocorrer, por exemplo, que no intervalo claro entre os traços e para pequenas diferenças de tonalidade, o microscópio procure "simetria" e envie um sinal de medida. Para contornar esse problema é necessário produzir artificialmente uma não simetria no sistema de medida, que consiste em desviar o potencial de um diodo em relação ao outro, de tal maneira que para "simetria ótica" ocorra uma pequena não "simetria eletrônica".

O desvio do potencial ocorre com a alteração do potenciômetro da caixa.

FIGURA 31 - REPRESENTAÇÃO DA ALTERAÇÃO DOS DIODOS COM ALTERAÇÃO DO POTENCIAL (BEDIENUNGSANLEITUNG LICHTQUELLEN,).



Existem dois pontos onde ocorre a "simetria eletrônica", Ponto A e ponto B, porém, a medida só deve ocorrer no ponto B, por haver simetria do traço para os dois diodos, a menos de pequeno desvio provocado pela simetria "ótica" e "eletrônica", ocasionada pela alteração do potencial de um diodo em relação ao outro.

A eletrônica de escolha deve saber separar o ponto A do ponto B, e isso ocorre da seguinte maneira:

- antes da simetria eletrônica $D_2 < D_1$, então a leitura deve ser a do ponto B. (válido somente para uma direção de medida Ex: uma medida da esquerda para a direita):

- Se a medida for da direita para a esquerda:

- . antes da simetria $D_2 > D_1$, o valor da leitura é a do ponto B.

- . antes da simetria $D_2 < D_1$, o valor da leitura é a do ponto A.

Através da chave de direção de medida essa contradição é eliminada. Nas medidas tanto da direita para esquerda como da esquerda para a direita o ponto lido sempre é o ponto B (PHOTOELEKTRISCHES MIKROSKOP, 1984).

4.3.3.3. Contraste:

A precisão do microscópio fotoelétrico depende do contraste da imagem dos traços da mira nos diodos.

Uma fonte de iluminação fria, (deve ser com iluminação fria para não dilatar o material que está sendo aferido), é acoplada ao sistema, e através de um potenciômetro é possível

variar a intensidade da luz e com isso variar o contraste dos traços da fita de ínvar.

4.4. TRANSFERÊNCIA DOS DADOS:

Acompanha a placa de comunicação, um pacote computacional que gerencia a mesma, acrescentou-se nesse pacote uma rotina para transformar os dados da forma ASC para forma binário e outra rotina que mostra os dados conforme estão sendo transferidos na tela.

Utilizando-se os recursos de programação gráfica da linguagem C, e com a colaboração do Eng. Cart. Agnaldo Lapa de Souza Jr, desenvolveu-se uma rotina que representa o painel frontal do processador de dados do sistema interferométrico. Ao acionar o programa de transferência de dados " STV2 ", essa tela aparece no monitor do computador apresentando os dados conforme estão sendo transferidos.

No anexo B, está a listagem de todo o programa de transferência de dados.

4.5. METODOLOGIA UTILIZADA NA AFERIÇÃO DAS MIRAS:

Na aferição de miras verticais de ínvar com sistema eletrônico de leituras, a climatização do laboratório, inicialização do sistema interferométrico e posicionamento da mira para aferição, obedecem a mesma seqüência utilizada na aferição de miras verticais de ínvar com sistema ótico-mecânico.

4.5.1. Correções devido ao não alinhamento dos trilhos

A pesar de haver certeza sobre o resultado obtido na determinação dos valores das correções devido ao não alinhamento dos trilhos, fez-se necessário verificar se o resultado da aferição de uma mira utilizando o micrômetro para se obter o paralelismo entre as leituras era igual aquele que se obtém ao utilizar as correções.

Realizaram-se testes sobre uma fita de ínvar de 1m de comprimento. A gravação dos traços dessa fita foram feitos com um sistema interferométrico para medir a distância dos intervalos entre os traços. A seqüência deve ser a seguinte:

1º Aferir a fita com o sistema ótico-mecânico de pontaria, utilizando o micrômetro para obter o paralelismo entre as leituras;

2º aferir novamente a fita com o sistema ótico-mecânico, sem fazer as correções com o micrômetro;

3º aplicar as correções nas leituras obtidas no segundo passo;

4º gerar um arquivo com as leituras sem aplicar as correções.

5º repetir as operações de 1 ao 12 descritas nas páginas 32 a 34, para o primeiro tipo de aferição. Para o segundo, excluir o que se refere a calagem do nível com o micrômetro antes das leituras .

Na figura a seguir, apresenta-se a comparação dos

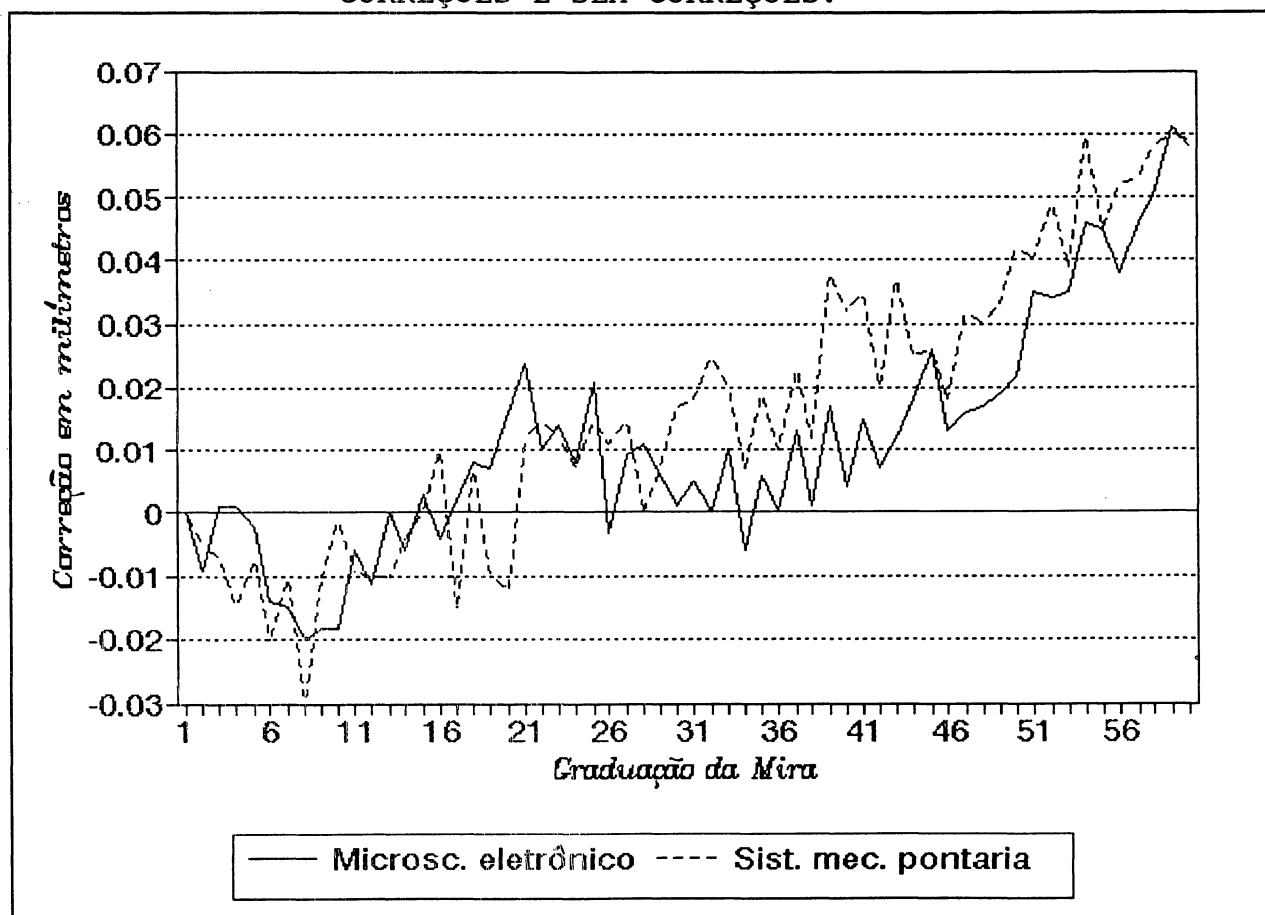
resultados da aferição do metro padrão obtidos de três formas:

1ª utilizar o micrômetro para obter o paralelismo entre as leituras.

2ª utilizar o arquivo de correções gerado a partir dos métodos descritos no capítulo 3, para eliminar o erro devido ao não alinhamento dos trilhos.

3ª não considerar as correções devido ao não alinhamento dos trilhos.

FIGURA 32 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS AFERINDO O METRO DE ÍNVAR UTILIZANDO O MICRÔMETRO PARA OBTER O PARALELISMO ENTRE AS LEITURAS, UTILIZANDO AS CORREÇÕES E SEM CORREÇÕES.



Nota-se que os resultados das aferições são bastante próximos, a menos de erros inerentes ao observador, já quando não se utiliza as correções, a linha que representa a aferição, no final, afasta-se das outras duas linhas.

Como o equipamento que utilizou-se para este teste tem 1 metro de comprimento, e as correções devido ao não alinhamento dos trilhos são mais significativas a partir de 1 metro, as maiores diferenças aparecem a partir dos 95 centímetros.

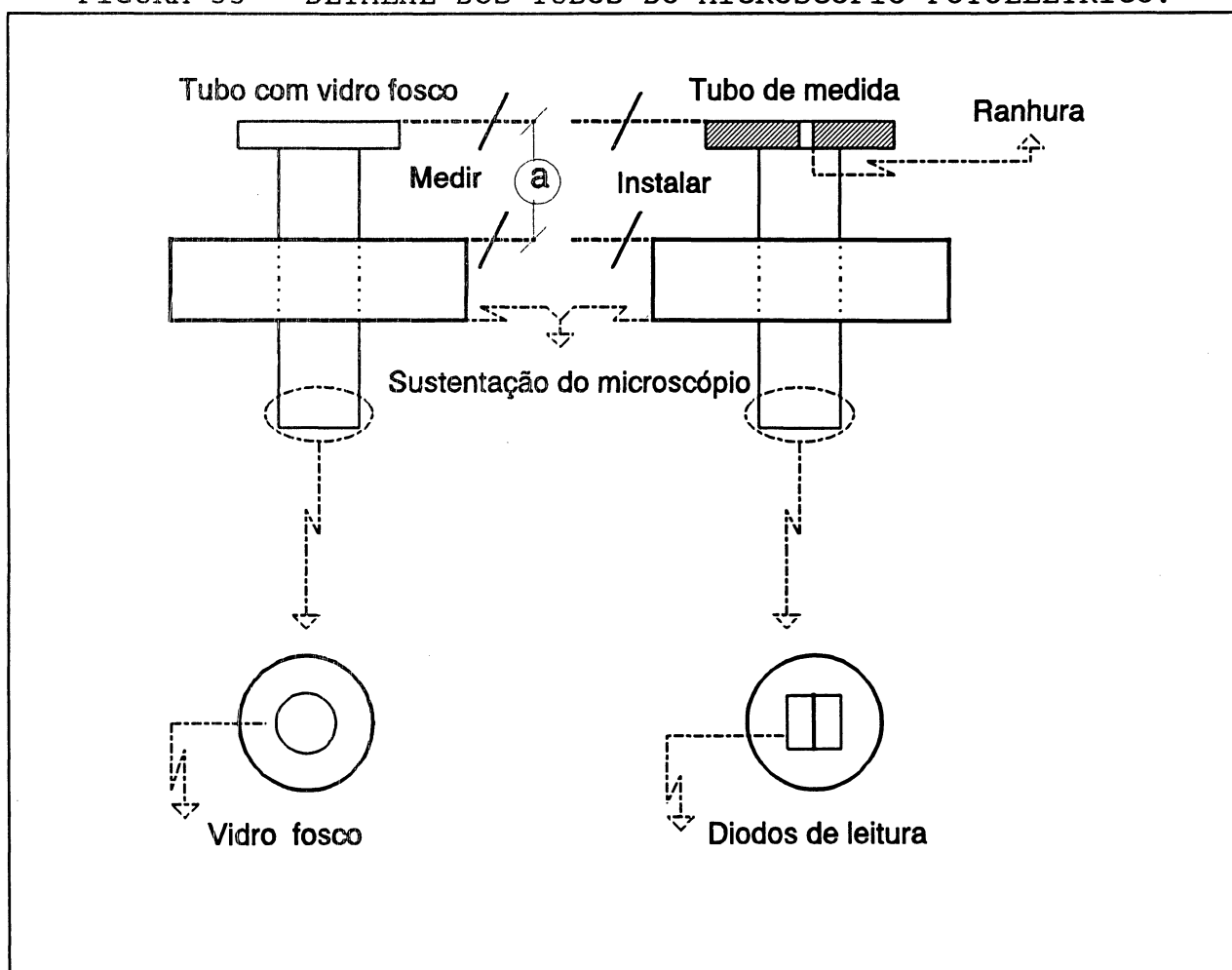
Com a finalidade de enfatizar a importância das correções devido ao não alinhamento dos trilhos, no anexo c, apresenta-se um gráfico comparativo com a aferição da mira de ínvar Nº 38422, com e sem essas correções. Nesse gráfico a influência dessas correções é mais destacada, uma vez que, o sistema de leituras se desloca praticamente por toda a extensão dos trilhos, absorvendo nas leituras os erros provocados pelas irregularidades dos trilhos.

4.5.2. Instalação do microscópio fotoelétrico.

A instalação do microscópio fotoelétrico consiste em se substituir o sistema ótico-mecânico de pontaria pelo sistema eletrônico de leituras.

O sistema de leitura do microscópio fotoelétrico é formado por dois tubos, um de focalização e um de leitura.

FIGURA 33 - DETALHE DOS TUBOS DO MICROSCÓPIO FOTOELÉTRICO.



4.5.2.1. Focalização dos traços da mira de ínvar:

Com a mira vertical de ínvar já posicionada sobre o suporte, inicia-se o processo de focalização dos traços, respeitando-se a seguinte ordem:

- 1º Soltar o cabo de aço.
- 2º colocar o tubo de vidro fosco;
- 3º movimentar o tubo na vertical, observando-se os traços da mira;

4º colocar o tubo em uma certa altura de modo que o traço da mira fique nítido , e um pouco menor do que o círculo que aparece no campo ótico;

5º deslocar o carrinho por toda a extensão da mira e ao mesmo tempo observar a imagem dos traços, ela deve estar toda com a mesma focalização, não ocorrendo, aumentar ou diminuir a altura dos apoios da mira;

6º medir a distância "a" entre a parte superior do suporte de sustentação do microscópio e a parte superior do tubo com vidro fosco;

4.5.2.2. Focalização do microscópio fotoelétrico:

Na instalação do microscópio fotoelétrico, os diodos devem ficar no plano de focalização dos traços (plano do vidro fosco), obedecendo ao seguinte:

1º Substituir o tubo com o vidro fosco pelo tubo de medida;

2º cuidar para que a ranhura do tubo de medida fique para frente, garantindo que o microscópio fotoelétrico está paralelo a mira;

3º fixar o tubo de medida no suporte com a mesma medida "a" do tubo de focalização.

4º Tracionar o cabo de aço.

Realizadas essas etapas, o microscópio fotoelétrico está pronto para iniciar as medidas.

4.5.3. Iluminação, velocidade e sensibilidade ideais para as medidas:

Os testes para se determinar a melhor combinação de iluminação, velocidade de deslocamento do carrinho e sensibilidade do microscópio, foram realizados sobre uma mira vertical de ínvar, já aferida com o sistema ótico-mecânico de pontaria.

Nesse princípio dos testes só se estava interessado em determinar a combinação em que todos os traços da fita de ínvar eram lidos, não houve preocupações em termos de precisão das leituras.

A orientação do professor Harald Schlemmer, que idealizou o microscópio fotoelétrico, é no sentido de que a sensibilidade do microscópio devia ser de 52,5 unidades. Esse valor é registrado no potenciômetro do controlador do microscópio fotoelétrico.

É possível variar a iluminação dos traços da mira de ínvar, nos testes optou-se pelo valor máximo de iluminação.

Com os valores colocados acima, iniciaram-se os trabalhos com a velocidade de 200 mm/min, na seguinte ordem:

1º Colocar um papel branco no início e no final da mira com o objetivo de cobrir os traços da fita de ínvar antes da primeira e depois da ultima graduações da mira. Isso é feito para que o microscópio não registre valores desnecessários;

2º repetir todos os passos de inicialização do interferômetro descritos nas páginas 28 e 29;

3º acionar o servoconversor através da chave de proteção;

4º pressionar a tecla "VELOCITY" no painel frontal da unidade de processamento do sistema interferométrico;

5º girar o potenciômetro do servoconversor no sentido horário até que no mostrador da unidade de processamento apareça o valor 200 mm/min., feito isso, o carrinho se deslocará com a velocidade registrada acima;

6º pressionar a tecla "DISTANCE" no painel frontal da unidade de processamento do sistema interferométrico;

7º repetir o procedimento para a posição direta e invertida da mira, ou seja, com a menor graduação próxima do sinal "LASER" (posição direta) e com a maior graduação próxima do sinal "LASER" (posição invertida).

Houve problema com a configuração adotada acima, no sentido de que alguns traços da fita de ínvar não eram lidos, optou-se então, por aumentar a sensibilidade de leitura do microscópio fotoelétrico.

Utilizou-se o valor de 53.0 unidades de sensibilidade, mas o microscópio continuou pulando determinados traços da fita. Notou-se que a descontinuidade das leituras não ocorria no mesmo lugar, então descartou-se a possibilidade de problemas de focalização dos traços da fita de ínvar.

Efetuuou-se, testes variando a sensibilidade do microscópio fotoelétrico de 0,5 unidades, até se chegar a um valor em que todos os traços da mira eram lidos. O valor em que isso

ocorreu foi 62.5 unidades de sensibilidade, porém, com esse valor da sensibilidade do microscópio qualquer sujeira ou riscos na parte branca da fita de ínvar o microscópio procurava uma simetria e registrava a leitura.

A ideia de se utilizar uma velocidade de deslocamento do microscópio maior era no sentido de reduzir ao máximo o tempo gasto para aferir uma mira, evitar o problemas de climatização da sala e tornando o sistema mais ágil. Não sendo possível, voltou-se a utilizar a sensibilidade do microscópio eletrônico de 52,5 unidades e passou-se a variar a velocidade de deslocamento do carrinho.

O novo valor da velocidade que utilizou-se foi de 190 mm/min., e assim passou-se a variar a velocidade de 10 unidades até que todos os traços da fita de ínvar fossem lidos, o que correu com a velocidade de 160mm/min. Comparando-se os resultados obtidos na aferição da mira vertical de ínvar número 38422 por esse processo e pelo processo ótico-mecânico, os resultados não foram coerentes, pois variações acima de 20 μm entre os valores obtidos pelo dois métodos não podem ser aceitas.

O critério acima foi adotado de forma prática, pois consegue-se repetir os resultados de aferição de uma mira com o sistema ótico-mecânico com variações abaixo do valor acima citado (DOUBEK, 1993).

Considerando essa orientação, continuou-se variando velocidade e sensibilidade, e para cada alteração nesses valores os resultados obtidos eram comparados com os obtidos através do sistema ótico-mecânico de leitura.

Para se ter uma idéia da complexidade para se chegar a valores coerentes de iluminação, velocidade e sensibilidade; a iluminação tem um intervalo de variação de 10 unidades, a velocidade pode variar de 0 a 300 mm/seg. e a sensibilidade de leitura do microscópio fotoelétrico pode variar de 0 a 100 unidades. Apesar de se ter parâmetros iniciais fornecidos pelo Prof. Harald Schelemmer, foram necessários muitos testes para se chegar a valores ideais, são eles:

- Iluminação: a máxima.
- Velocidade de deslocamento do carrinho: 152 mm/min.
- Sensibilidade do microscópio eletrônico: 32,5 Unidades

4.6. PROCESSAMENTO DOS DADOS:

Quando aciona-se o sistema de medidas o microscópio fotoelétrico está sobre o papel branco colocado no início da mira vertical de ínvar, no final desse papel ocorre um sombreado sobre a fita de ínvar e esse valor é registrado pelo microscópio, ocorrendo também, no final da fita de ínvar. Esses dois valores devem ser eliminados, utilizando-se um editor de textos.

Todo o processamento dos dados até a impressão do certificado de aferição é feito através de um programa computacional que foi desenvolvido no decorrer desse trabalho. O processamento dos dados consiste no seguinte:

1º Aplica-se as correções devidas ao não alinhamento dos trilhos;

2º faz-se a diferença de todas as leituras em relação a

primeira, nas posições direta e invertida da mira;

3º calcula-se a média entre os valores obtidos com a mira na posição direta e invertida da mira.

4º calcula-se a diferença das leituras em relação ao valor nominal da mira, e com esses valores confecciona-se o gráfico.

Ao acionar o programa "intel" é apresentada uma tela que deve ser preenchida pelo operador:

INFORME AO PROGRAMA OS SEGUINTE DADOS

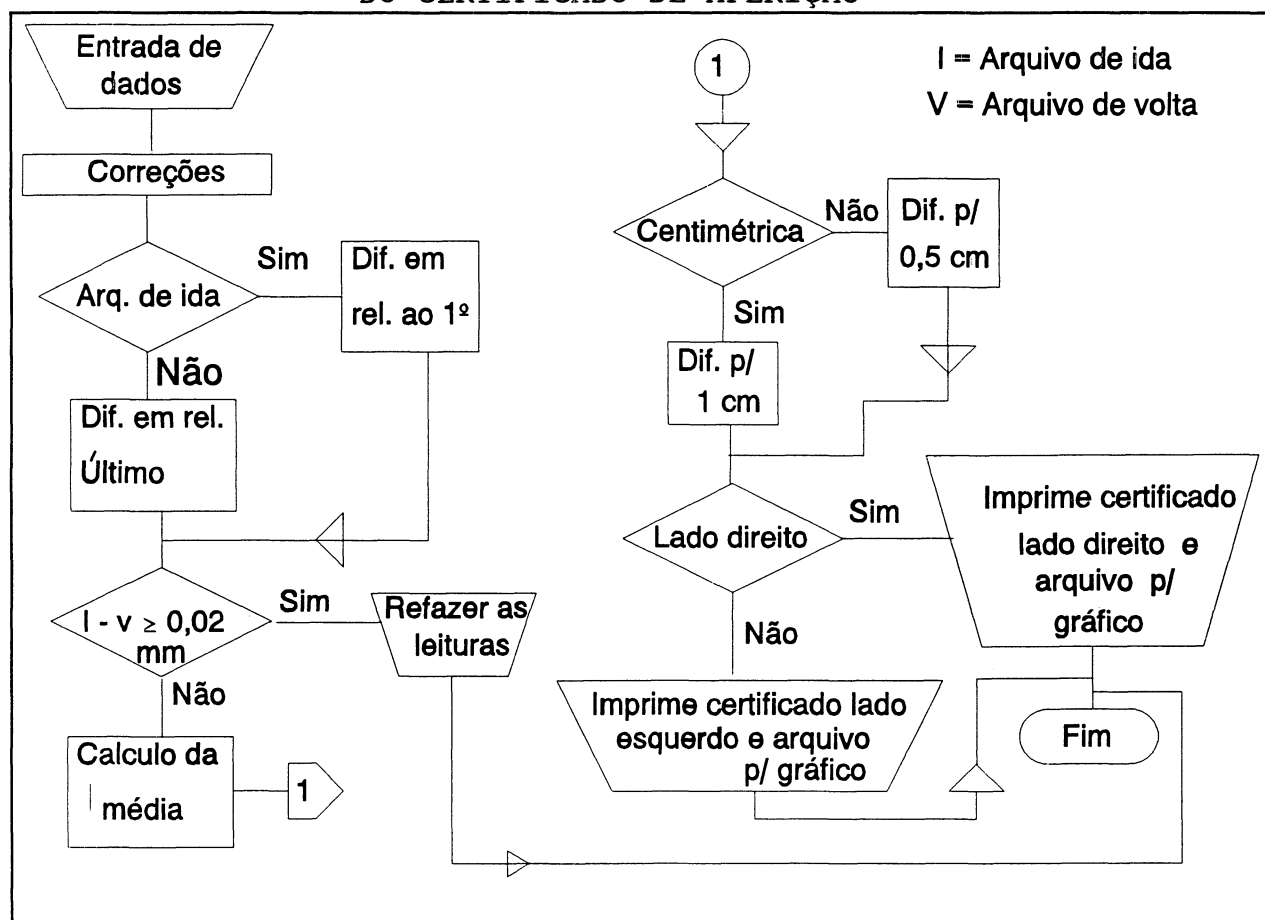
```
SEMI-CENT (5), CENT. (10) .....:
ARQUIVO DE IDA (PD) .....:
ARQUIVO DE VOLTA (PI) .....:
L. DIREITO (3), L. ESQUERDO (4) .....:
ARQUIVO PARA O GRÁFICO (*.PRN) .....:
N (N numero de leituras) .....:
MIRA DE INVAR NUMERO (8 carac.) .....:
DATA DA AFERIÇÃO .....:
```

O programa foi desenvolvido de maneira a processar os dados de aferição de qualquer mira vertical de invar, independente do fato de ser centimétrica ou semi-centimétrica e também do tamanho da mesma.

O fluxograma apresentado na figura 34, ilustra as etapas de processamento dos dados, realizadas pelo programa "intel", até

a montagem do certificado de aferição da mira e do arquivo para o gráfico.

FIGURA 34 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE AFERIÇÃO



O certificado de aferição fornecido por esse programa, contém, além do valor médio dos intervalos entre os traços gravados na fita de invar, o desvio padrão médio e também uma descrição de como se deve utilizar o referido certificado.

4.7. RESULTADOS:

Com a metodologia apresentada nesse capítulo aferiu-se as mesmas miras aferidas com a metodologia apresentada no capítulo II.

No quadro abaixo apresenta-se o resultado de aferição da mira vertical de ínvar N° 38422, utilizando a temperatura de 20 °C.

TABELA 03 - RESULTADOS DA AFERIÇÃO DA MIRA VERTICAL DE ÍNVAR N° 38422 DA MARCA "ZEISS", TEMPERATURA DE 20 °C.

| LADO DIREITO DA MIRA | | | | | | LADO ESQUERDO DA MIRA | | | | | |
|----------------------|---------|----|----------|----|----------|-----------------------|---------|-----|----------|-----|----------|
| GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. | GR | V. A. |
| 1 | ,000 | 21 | 1000,020 | 41 | 2000,021 | 62 | ,000 | 82 | 999,984 | 102 | 1999,999 |
| 2 | 49,989 | 22 | 1050,008 | 42 | 2050,006 | 63 | 49,990 | 83 | 1049,985 | 103 | 2049,983 |
| 3 | 99,999 | 23 | 1100,015 | 43 | 2100,015 | 64 | 99,999 | 84 | 1099,986 | 104 | 2099,986 |
| 4 | 149,989 | 24 | 1150,002 | 44 | 2150,026 | 65 | 149,991 | 85 | 1149,995 | 105 | 2149,999 |
| 5 | 199,990 | 25 | 1200,011 | 45 | 2200,014 | 66 | 200,001 | 86 | 1199,998 | 106 | 2199,997 |
| 6 | 249,989 | 26 | 1250,012 | 46 | 2250,013 | 67 | 249,996 | 87 | 1249,985 | 107 | 2249,990 |
| 7 | 299,993 | 27 | 1300,011 | 47 | 2300,016 | 68 | 299,998 | 88 | 1300,004 | 108 | 2299,999 |
| 8 | 349,982 | 28 | 1350,009 | 48 | 2350,015 | 69 | 349,976 | 89 | 1349,988 | 109 | 2349,977 |
| 9 | 399,986 | 29 | 1400,018 | 49 | 2400,015 | 70 | 399,999 | 90 | 1400,003 | 110 | 2399,986 |
| 10 | 449,984 | 30 | 1450,000 | 50 | 2450,022 | 71 | 450,002 | 91 | 1449,996 | 111 | 2450,002 |
| 11 | 500,004 | 31 | 1500,010 | 51 | 2500,035 | 72 | 500,012 | 92 | 1500,005 | 112 | 2500,007 |
| 12 | 549,991 | 32 | 1550,005 | 52 | 2550,037 | 73 | 549,992 | 93 | 1549,980 | 113 | 2550,006 |
| 13 | 600,002 | 33 | 1600,016 | 53 | 2600,035 | 74 | 599,998 | 94 | 1599,990 | 114 | 2600,008 |
| 14 | 650,000 | 34 | 1650,012 | 54 | 2650,046 | 75 | 650,000 | 95 | 1549,984 | 115 | 2650,010 |
| 15 | 700,015 | 35 | 1700,014 | 55 | 2700,040 | 76 | 699,993 | 96 | 1700,011 | 116 | 2700,009 |
| 16 | 750,001 | 36 | 1750,009 | 56 | 2750,046 | 77 | 749,994 | 97 | 1749,991 | 117 | 2750,001 |
| 17 | 800,001 | 37 | 1800,021 | 57 | 2800,038 | 78 | 799,996 | 98 | 1799,990 | 118 | 2800,015 |
| 18 | 850,003 | 38 | 1850,006 | 58 | 2850,046 | 79 | 849,997 | 99 | 1849,981 | 119 | 2850,014 |
| 19 | 900,009 | 39 | 1900,012 | 59 | 2900,048 | 80 | 899,994 | 100 | 1899,990 | 120 | 2900,021 |
| 20 | 950,013 | 40 | 1950,004 | 60 | 2950,050 | 81 | 949,994 | 101 | 1949,985 | | |

Obs:

Os valores fornecidos na tabela são em milímetro.

GR = Traço gravado da fita de ínvar, correspondente a graduação da mira

V. A. = Valor de aferição. Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

FIGURA 35 - GRÁFICO DA AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR NÚMERO 38422 (LADO DIREITO)

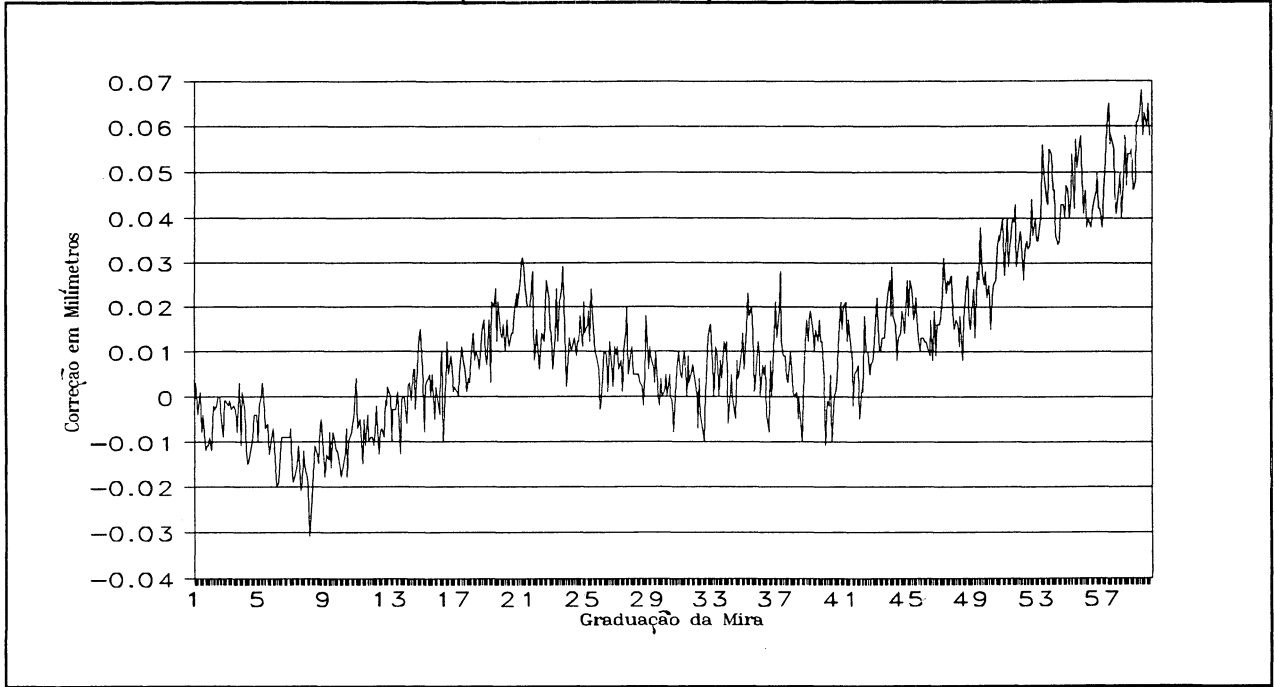
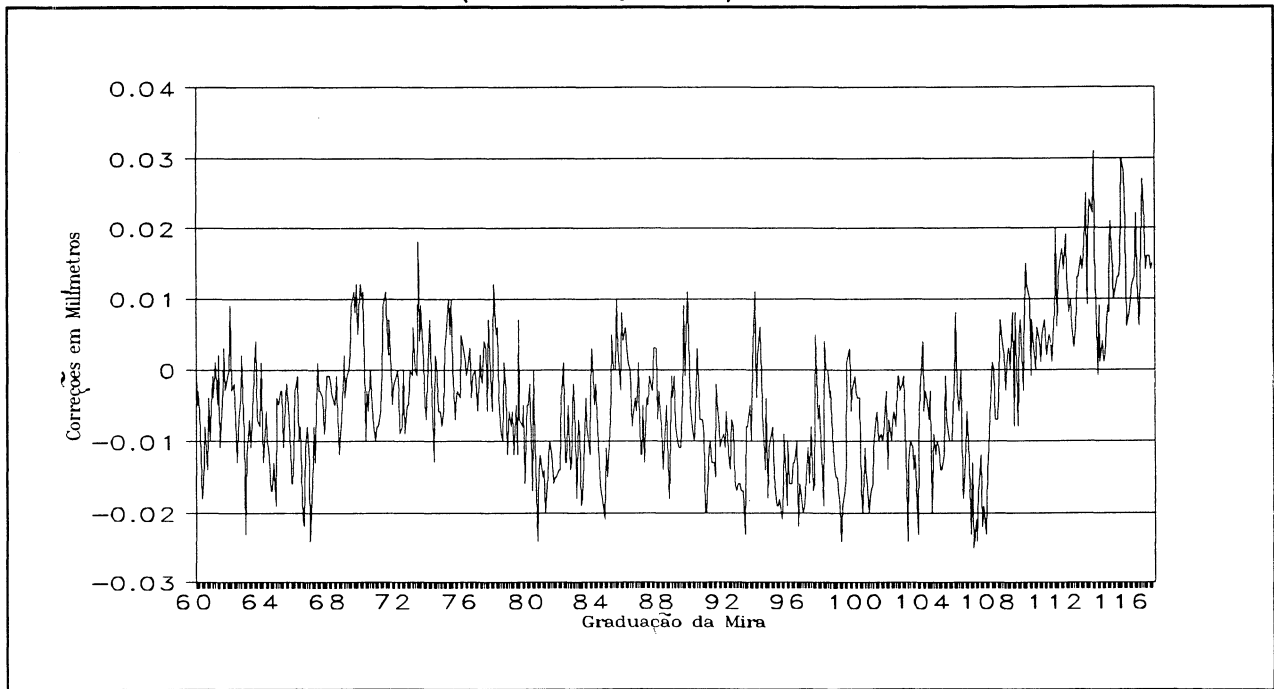


FIGURA 36 - GRÁFICO DA AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR NÚMERO 38422 (LADO ESQUERDO)



CAPÍTULO V

ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. SISTEMA ÓTICO-MECÂNICO DE PONTARIA:

Os resultados obtidos com o sistema ótico-mecânico de pontaria são bastante confiáveis, em função da repetibilidade que se obteve aferindo a mesma mira vertical de ínvar em dias diferentes, ver gráfico ilustrativo nas páginas 128,129 anexo A.

Nas miras testadas no decorrer desse trabalho, novas ou com pouco uso, as diferenças entre os valores nominais da mira e os valores de aferição são sempre abaixo do décimo do milímetro; Já naquelas com maior uso, onde a fita de ínvar apresenta algum dano, como rachaduras na tinta em função da insolação recebida durante os trabalhos de campo, encontram-se diferenças na ordem do décimo do milímetro. (Ver certificado de aferição da mira de Nº 4580 da marca WILD de propriedade do IBGE no anexo pag. 106, 107)

5.2. SISTEMA DE LEITURAS COM MICROSCÓPIO FOTOELÉTRICO:

A determinação das correções devido ao não alinhamento dos trilhos, feitas no intervalo de 1 cm e com a interpolação para o milímetro, foi de fundamental importância para se chegar a valores de aferição confiáveis.

A confiabilidade dos resultados com esse sistema de leituras também foi testada, procedendo a aferição da mesma mira em dias diferentes, e chegou-se a resultados bastante próximos, com diferença entre as leituras na posição direta e invertida menores de que 0,020mm. Ver gráfico ilustrativo na pagina 130.

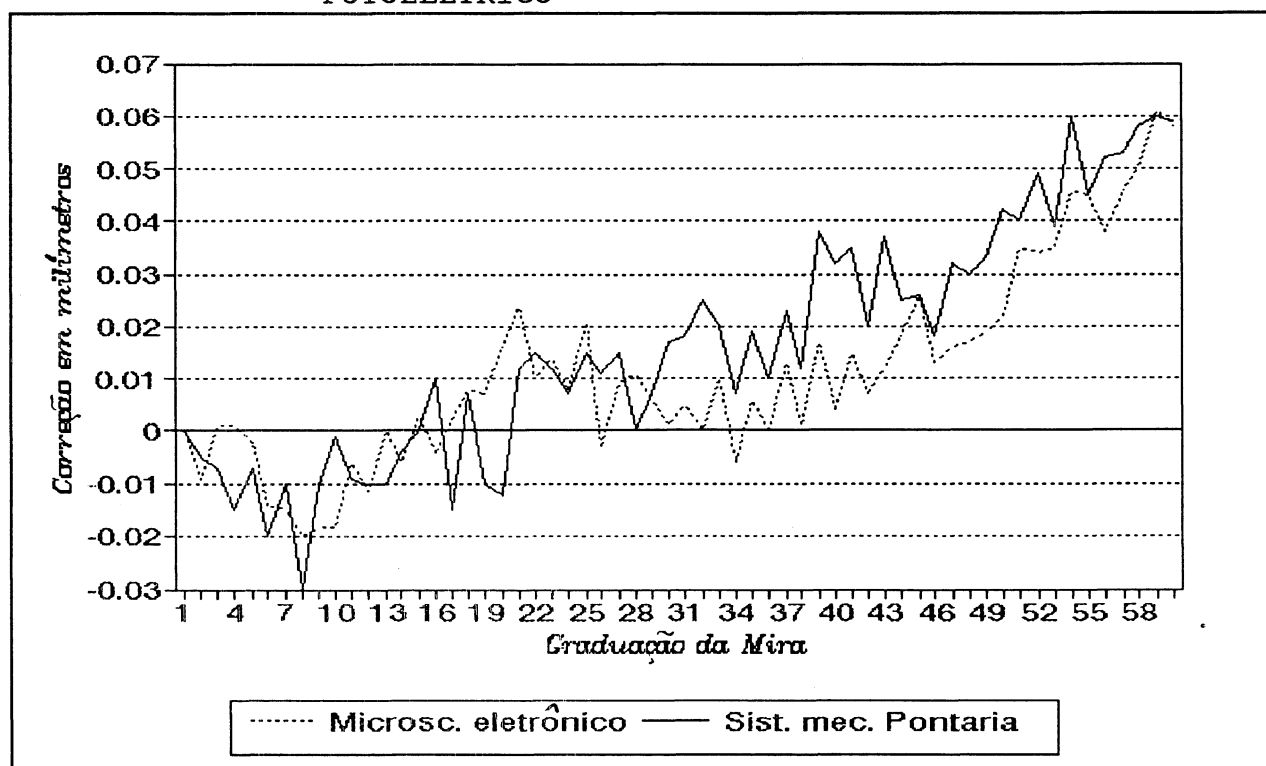
Com esse sistema de leitura, a determinação das variáveis velocidade de deslocamento do carrinho, iluminação e sensibilidade foram de fundamental importância para a obtenção de bons resultados. Para variações na sensibilidade de 10 unidades ocorre uma discrepância considerável nos resultados que podem ser vistas no gráfico de aferição da mira 38366, página 131 anexo c.

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS MÉTODOS:

Como o segundo método foi desenvolvido levando em consideração os resultados obtidos com o primeiro, em todas as miras verticais de ínvar aferidas utilizando os dois métodos, a diferença entre os resultados sempre ficaram abaixo de $20\text{ }\mu\text{m}$.

Abaixo apresentam-se os resultados de aferição da mira de ínvar "ZEISS" de número 38422 com os dois sistemas de leituras. O objetivo é demonstrar a semelhança dos resultados, uma vez que a concepção dos sistemas de leitura dos métodos é diferente.

FIGURA 37 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DE AFERIÇÃO DA MIRA VERTICAL DE ÍNVAR 38422 COM O SISTEMA ÓTICO-MECÂNICO DE LEITURAS E COM O MICROSCÓPIO FOTOELÉTRICO



CAPÍTULO VI CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

6.1. CONCLUSÕES.

- A aferição de miras verticais de ínvar com o sistema ótico-mecânico de pontaria apresenta bons resultados, porém, é um método muito lento.

- Na aferição de miras com esse sistema de leitura, a variação na temperatura é um problema em função do sistema de climatização da sala, dificultando a utilização desse método no verão e no inverno.

- ainda em relação ao sistema ótico-mecânico de leitura outro ponto desfavorável, é o desgaste do operador, uma vez que para se aferir um lado da mira são necessárias 1200 pontarias na posição direta e 1200 na posição invertida implicando em interrupções de trabalho diversas vezes, pois são necessários diversos dias para se fazer essas leituras.

- A aferição de miras com o microscópio fotoelétrico é bem mais eficiente pois dispensa o sistema de pontaria tornando o trabalho muito mais rápido, fugindo assim, de problemas com a temperatura ambiente uma vez que para se fazer as leituras de um lado da mira é gasto em torno de 20 minutos;

- a utilização do microscópio fotoelétrico requer um cuidado simples, porém importante que é a limpeza da fita de ínvar, procedimento esse que melhora o contraste, além de remover riscos que poderiam ser interpretados como traços gravados na mesma;

- todas as miras aferidas nesse trabalho apresentaram discrepâncias não uniformes em relação aos valores nominais, há

miras onde elas são maiores, e em outras menores;

- tanto no sistema ótico-mecânico de leitura como no sistema de leitura com o microscópio fotoelétrico, é importante que no momento da aferição só fique o operador no interior do laboratório, para reduzir as variações na temperatura ambiente;

- as miras verticais de ínvar com discrepâncias maiores do décimo do milímetro entre os valores nominais e os valores de aferição, não devem ser utilizadas em nivelamento geométrico de primeira ordem pois o nível utilizado para se fazer as leituras sobre as mesmas, garante o décimo do milímetro. Porém, se esse equipamento for aferido ele pode ser utilizado normalmente sem a necessidade de substituição.

- o sistema de aferição de miras verticais de ínvar implantado na UFPR está apto a aferir esses equipamentos, e emitir certificado de aferição dos mesmos.

7.2. RECOMENDAÇÕES:

- diante dos resultados obtidos nesse trabalho, recomenda-se a inclusão nos editais de licitação de trabalhos que requerem nivelamentos geométrico de primeira ordem a necessidade de aferição das miras verticais de ínvar.

- as aferições com o sistema ótico-mecânico de pontaria, quando possível, devem ser feitas no outono ou na primavera onde, em Curitiba, a temperatura é mais estável.

- realizar nivelamento geométrico de primeira ordem utilizando, para os cálculos dos desníveis, o certificado de aferição das miras, e também, calcular o mesmo desnível sem utilizar o certificado e comparar os resultados.

- registrar o sistema de aferição de miras verticais de ínvar no INMETRO. (registro este em andamento).

- divulgar em congressos a possibilidade de aferição para trabalhos de alta precisão em Engenharia Civil ou Mecânica.

ANEXO A

OBSERVAÇÕES

1 - Nas páginas 94 a 99 mostra-se a listagem do certificado de aferição da mira de ínvar N° 38423 de propriedade da UFPR.

2 - Nas páginas 100 a 105 mostra-se a listagem do certificado de aferição da mira de ínvar N° 38505 de propriedade da UFPR.

3 - Nas páginas 106 e 107 mostra-se o certificado de aferição da mira de ínvar N° 4580 de propriedade do IBGE. O equipamento citado foi aferida com o sistema ótico-mecânico de pontaria.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-SETOR DE TECNOLOGIA-DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS-FONE (041) 366-23-23 Ramal 266
LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO - AFERIÇÃO DA MIRA DE ÎNVAR ZEISS JENA-No.38423 Temperatura : 20 graus Celsius Data: 23/09/93

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1.0- | 4.994 | 9.4- | 424.991 | 17.8- | 845.008 | 26.2- | 1265.004 | 34.6- | 1684.989 | 43.0- | 2104.981 | 51.4- | 2524.996 |
| 1.1- | 9.997 | 9.5- | 429.986 | 17.9- | 850.009 | 26.3- | 1270.002 | 34.7- | 1689.979 | 43.1- | 2109.990 | 51.5- | 2530.000 |
| 1.2- | 14.998 | 9.6- | 434.989 | 18.0- | 855.003 | 26.4- | 1275.000 | 34.8- | 1694.993 | 43.2- | 2114.990 | 51.6- | 2535.010 |
| 1.3- | 20.007 | 9.7- | 439.992 | 18.1- | 860.007 | 26.5- | 1279.997 | 34.9- | 1699.998 | 43.3- | 2119.983 | 51.7- | 2539.995 |
| 1.4- | 24.997 | 9.8- | 444.991 | 18.2- | 865.010 | 26.6- | 1285.004 | 35.0- | 1705.000 | 43.4- | 2124.980 | 51.8- | 2544.990 |
| 1.5- | 29.981 | 9.9- | 449.982 | 18.3- | 870.007 | 26.7- | 1289.993 | 35.1- | 1709.984 | 43.5- | 2129.993 | 51.9- | 2549.983 |
| 1.6- | 34.986 | 10.0- | 454.982 | 18.4- | 875.015 | 26.8- | 1295.002 | 35.2- | 1715.006 | 43.6- | 2134.989 | 52.0- | 2554.998 |
| 1.7- | 39.988 | 10.1- | 459.981 | 18.5- | 880.008 | 26.9- | 1300.002 | 35.3- | 1720.003 | 43.7- | 2139.993 | 52.1- | 2559.995 |
| 1.8- | 44.990 | 10.2- | 464.988 | 18.6- | 885.002 | 27.0- | 1305.000 | 35.4- | 1724.990 | 43.8- | 2144.997 | 52.2- | 2564.985 |
| 1.9- | 49.988 | 10.3- | 469.993 | 18.7- | 890.001 | 27.1- | 1309.997 | 35.5- | 1730.000 | 43.9- | 2149.999 | 52.3- | 2569.988 |
| 2.0- | 54.987 | 10.4- | 474.995 | 18.8- | 895.010 | 27.2- | 1315.005 | 35.6- | 1734.996 | 44.0- | 2154.998 | 52.4- | 2574.987 |
| 2.1- | 59.990 | 10.5- | 480.002 | 18.9- | 900.014 | 27.3- | 1320.000 | 35.7- | 1739.989 | 44.1- | 2159.995 | 52.5- | 2580.003 |
| 2.2- | 64.991 | 10.6- | 484.995 | 19.0- | 905.001 | 27.4- | 1324.994 | 35.8- | 1744.989 | 44.2- | 2165.004 | 52.6- | 2584.992 |
| 2.3- | 69.988 | 10.7- | 490.003 | 19.1- | 910.014 | 27.5- | 1330.000 | 35.9- | 1749.988 | 44.3- | 2169.993 | 52.7- | 2589.999 |
| 2.4- | 74.992 | 10.8- | 494.993 | 19.2- | 915.005 | 27.6- | 1335.002 | 36.0- | 1754.984 | 44.4- | 2174.989 | 52.8- | 2594.997 |
| 2.5- | 79.986 | 10.9- | 499.997 | 19.3- | 920.011 | 27.7- | 1340.008 | 36.1- | 1759.978 | 44.5- | 2179.978 | 52.9- | 2599.997 |
| 2.6- | 84.985 | 11.0- | 504.998 | 19.4- | 925.016 | 27.8- | 1345.002 | 36.2- | 1764.991 | 44.6- | 2184.989 | 53.0- | 2604.994 |
| 2.7- | 89.989 | 11.1- | 510.002 | 19.5- | 930.022 | 27.9- | 1349.996 | 36.3- | 1769.984 | 44.7- | 2189.984 | 53.1- | 2609.992 |
| 2.8- | 94.980 | 11.2- | 514.992 | 19.6- | 935.022 | 28.0- | 1355.005 | 36.4- | 1774.983 | 44.8- | 2194.991 | 53.2- | 2614.984 |
| 2.9- | 99.990 | 11.3- | 519.986 | 19.7- | 940.011 | 28.1- | 1359.999 | 36.5- | 1779.987 | 44.9- | 2199.971 | 53.3- | 2620.009 |
| 3.0- | 104.994 | 11.4- | 524.995 | 19.8- | 945.015 | 28.2- | 1364.994 | 36.6- | 1784.982 | 45.0- | 2204.984 | 53.4- | 2625.005 |
| 3.1- | 109.997 | 11.5- | 529.996 | 19.9- | 950.020 | 28.3- | 1370.003 | 36.7- | 1789.985 | 45.1- | 2209.983 | 53.5- | 2630.000 |
| 3.2- | 114.986 | 11.6- | 534.993 | 20.0- | 955.018 | 28.4- | 1374.989 | 36.8- | 1794.991 | 45.2- | 2214.979 | 53.6- | 2635.015 |
| 3.3- | 119.984 | 11.7- | 539.995 | 20.1- | 960.017 | 28.5- | 1380.003 | 36.9- | 1799.992 | 45.3- | 2219.997 | 53.7- | 2640.004 |
| 3.4- | 124.993 | 11.8- | 544.993 | 20.2- | 965.021 | 28.6- | 1384.999 | 37.0- | 1805.005 | 45.4- | 2224.993 | 53.8- | 2645.006 |
| 3.5- | 129.995 | 11.9- | 549.989 | 20.3- | 970.027 | 28.7- | 1389.998 | 37.1- | 1809.992 | 45.5- | 2229.989 | 53.9- | 2650.004 |
| 3.6- | 134.995 | 12.0- | 554.990 | 20.4- | 975.014 | 28.8- | 1395.004 | 37.2- | 1815.005 | 45.6- | 2234.992 | 54.0- | 2655.001 |
| 3.7- | 139.989 | 12.1- | 559.979 | 20.5- | 980.023 | 28.9- | 1400.005 | 37.3- | 1820.000 | 45.7- | 2239.985 | 54.1- | 2659.985 |
| 3.8- | 144.990 | 12.2- | 564.988 | 20.6- | 985.013 | 29.0- | 1404.999 | 37.4- | 1824.992 | 45.8- | 2244.986 | 54.2- | 2664.982 |
| 3.9- | 149.984 | 12.3- | 569.990 | 20.7- | 990.009 | 29.1- | 1410.006 | 37.5- | 1829.994 | 45.9- | 2249.981 | 54.3- | 2669.997 |
| 4.0- | 154.989 | 12.4- | 574.989 | 20.8- | 995.023 | 29.2- | 1415.014 | 37.6- | 1834.992 | 46.0- | 2254.988 | 54.4- | 2674.990 |
| 4.1- | 159.998 | 12.5- | 579.994 | 20.9- | 1000.026 | 29.3- | 1420.001 | 37.7- | 1839.991 | 46.1- | 2259.982 | 54.5- | 2680.003 |
| 4.2- | 164.980 | 12.6- | 584.992 | 21.0- | 1005.025 | 29.4- | 1424.991 | 37.8- | 1844.990 | 46.2- | 2264.982 | 54.6- | 2684.995 |
| 4.3- | 169.987 | 12.7- | 589.998 | 21.1- | 1010.031 | 29.5- | 1430.006 | 37.9- | 1849.992 | 46.3- | 2269.984 | 54.7- | 2689.997 |
| 4.4- | 174.977 | 12.8- | 594.990 | 21.2- | 1015.036 | 29.6- | 1435.003 | 38.0- | 1854.988 | 46.4- | 2274.993 | 54.8- | 2695.000 |
| 4.5- | 179.977 | 12.9- | 599.998 | 21.3- | 1020.015 | 29.7- | 1440.002 | 38.1- | 1859.984 | 46.5- | 2279.989 | 54.9- | 2699.997 |
| 4.6- | 184.986 | 13.0- | 605.007 | 21.4- | 1025.025 | 29.8- | 1444.995 | 38.2- | 1864.980 | 46.6- | 2284.980 | 55.0- | 2704.988 |
| 4.7- | 189.992 | 13.1- | 609.995 | 21.5- | 1030.033 | 29.9- | 1449.998 | 38.3- | 1869.978 | 46.7- | 2289.983 | 55.1- | 2710.000 |
| 4.8- | 194.992 | 13.2- | 614.996 | 21.6- | 1035.025 | 30.0- | 1454.975 | 38.4- | 1874.995 | 46.8- | 2294.982 | 55.2- | 2715.009 |
| 4.9- | 199.992 | 13.3- | 619.993 | 21.7- | 1040.022 | 30.1- | 1459.991 | 38.5- | 1879.984 | 46.9- | 2299.976 | 55.3- | 2719.997 |
| 5.0- | 204.993 | 13.4- | 624.999 | 21.8- | 1045.030 | 30.2- | 1464.992 | 38.6- | 1884.978 | 47.0- | 2304.980 | 55.4- | 2725.003 |
| 5.1- | 209.989 | 13.5- | 630.002 | 21.9- | 1050.026 | 30.3- | 1469.991 | 38.7- | 1889.982 | 47.1- | 2309.982 | 55.5- | 2730.009 |
| 5.2- | 214.992 | 13.6- | 634.995 | 22.0- | 1055.011 | 30.4- | 1474.995 | 38.8- | 1894.993 | 47.2- | 2314.983 | 55.6- | 2735.020 |
| 5.3- | 219.990 | 13.7- | 639.990 | 22.1- | 1060.018 | 30.5- | 1479.990 | 38.9- | 1899.999 | 47.3- | 2320.005 | 55.7- | 2740.000 |
| 5.4- | 224.984 | 13.8- | 645.008 | 22.2- | 1065.020 | 30.6- | 1484.997 | 39.0- | 1905.001 | 47.4- | 2325.002 | 55.8- | 2744.986 |
| 5.5- | 229.988 | 13.9- | 650.001 | 22.3- | 1070.026 | 30.7- | 1489.992 | 39.1- | 1909.990 | 47.5- | 2329.990 | 55.9- | 2749.989 |
| 5.6- | 234.988 | 14.0- | 655.002 | 22.4- | 1075.011 | 30.8- | 1494.991 | 39.2- | 1914.995 | 47.6- | 2334.997 | 56.0- | 2755.001 |
| 5.7- | 239.996 | 14.1- | 659.999 | 22.5- | 1080.023 | 30.9- | 1500.002 | 39.3- | 1919.990 | 47.7- | 2339.983 | 56.1- | 2759.990 |
| 5.8- | 244.986 | 14.2- | 664.998 | 22.6- | 1085.014 | 31.0- | 1505.001 | 39.4- | 1924.992 | 47.8- | 2344.988 | 56.2- | 2764.996 |
| 5.9- | 249.994 | 14.3- | 669.998 | 22.7- | 1090.017 | 31.1- | 1509.997 | 39.5- | 1930.000 | 47.9- | 2349.980 | 56.3- | 2769.995 |
| 6.0- | 254.981 | 14.4- | 675.016 | 22.8- | 1095.025 | 31.2- | 1515.014 | 39.6- | 1935.000 | 48.0- | 2354.980 | 56.4- | 2774.988 |
| 6.1- | 259.981 | 14.5- | 680.007 | 22.9- | 1100.014 | 31.3- | 1519.999 | 39.7- | 1939.982 | 48.1- | 2359.974 | 56.5- | 2779.990 |
| 6.2- | 264.991 | 14.6- | 685.009 | 23.0- | 1105.012 | 31.4- | 1524.989 | 39.8- | 1944.990 | 48.2- | 2364.982 | 56.6- | 2785.000 |
| 6.3- | 269.986 | 14.7- | 689.999 | 23.1- | 1110.013 | 31.5- | 1530.000 | 39.9- | 1949.987 | 48.3- | 2369.979 | 56.7- | 2790.004 |
| 6.4- | 274.986 | 14.8- | 695.014 | 23.2- | 1115.020 | 31.6- | 1534.999 | 40.0- | 1954.983 | 48.4- | 2374.979 | 56.8- | 2794.999 |
| 6.5- | 279.986 | 14.9- | 700.005 | 23.3- | 1120.004 | 31.7- | 1539.997 | 40.1- | 1959.988 | 48.5- | 2379.982 | 56.9- | 2800.001 |
| 6.6- | 284.987 | 15.0- | 704.997 | 23.4- | 1125.012 | 31.8- | 1544.995 | 40.2- | 1964.981 | 48.6- | 2384.977 | 57.0- | 2805.000 |

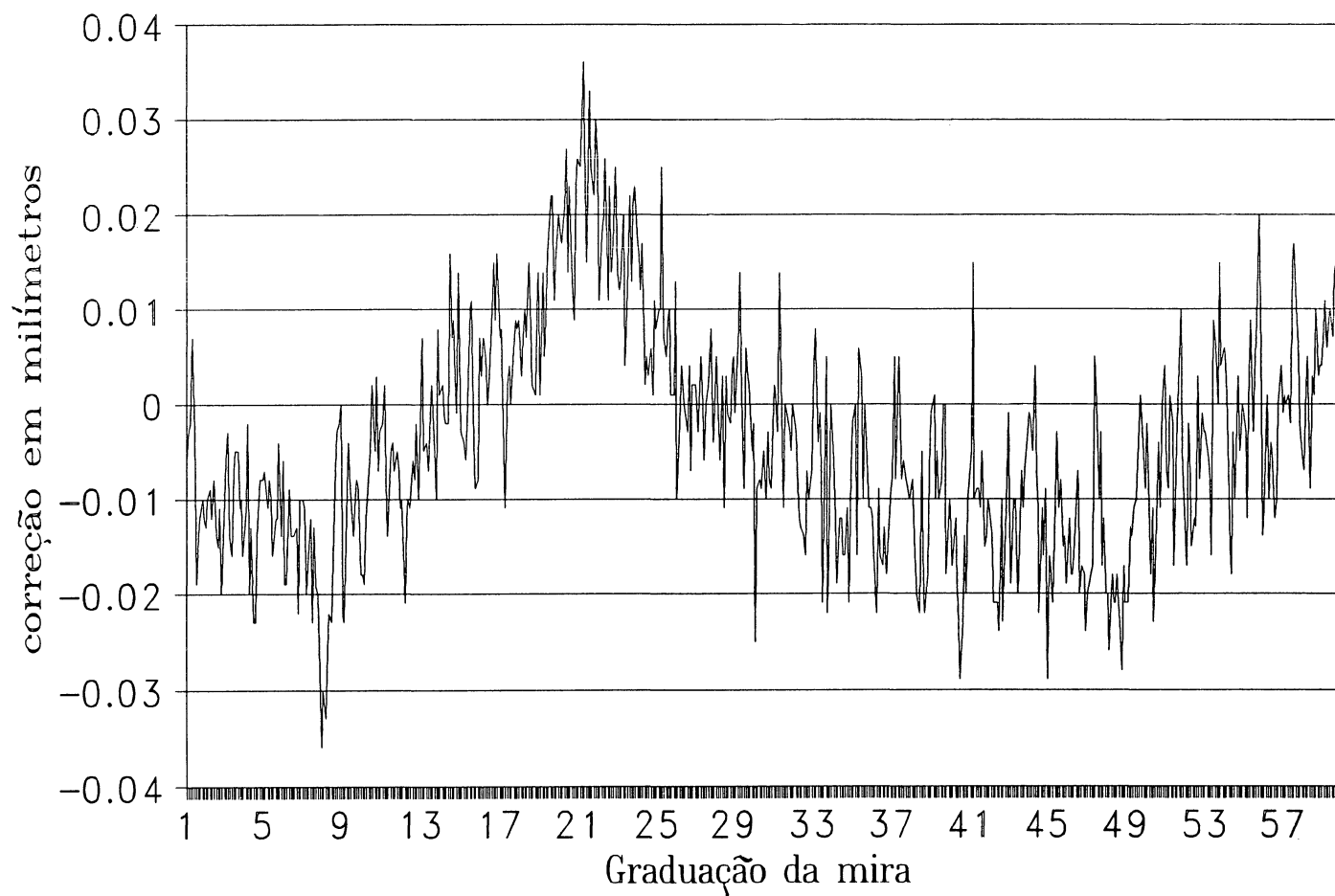
| | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 6.7- 289.978 | 15.1- 709.996 | 23.5- 1130.022 | 31.9- 1550.000 | 40.3- 1969.979 | 48.7- 2389.972 | 57.1- 2810.001 |
| 6.8- 294.990 | 15.2- 714.994 | 23.6- 1135.013 | 32.0- 1554.997 | 40.4- 1974.971 | 48.8- 2394.983 | 57.2- 2814.998 |
| 6.9- 299.990 | 15.3- 719.998 | 23.7- 1140.021 | 32.1- 1559.993 | 40.5- 1979.977 | 48.9- 2399.979 | 57.3- 2820.015 |
| 7.0- 304.989 | 15.4- 725.010 | 23.8- 1145.023 | 32.2- 1564.988 | 40.6- 1984.986 | 49.0- 2404.979 | 57.4- 2825.017 |
| 7.1- 309.980 | 15.5- 730.011 | 23.9- 1150.017 | 32.3- 1569.987 | 40.7- 1989.980 | 49.1- 2409.987 | 57.5- 2830.009 |
| 7.2- 314.983 | 15.6- 734.996 | 24.0- 1155.016 | 32.4- 1574.986 | 40.8- 1994.990 | 49.2- 2414.986 | 57.6- 2835.005 |
| 7.3- 319.988 | 15.7- 739.991 | 24.1- 1160.012 | 32.5- 1579.984 | 40.9- 1999.995 | 49.3- 2419.989 | 57.7- 2839.998 |
| 7.4- 324.977 | 15.8- 744.992 | 24.2- 1165.017 | 32.6- 1584.993 | 41.0- 2005.015 | 49.4- 2424.990 | 57.8- 2844.994 |
| 7.5- 329.987 | 15.9- 750.007 | 24.3- 1170.002 | 32.7- 1589.990 | 41.1- 2009.990 | 49.5- 2429.996 | 57.9- 2849.993 |
| 7.6- 334.981 | 16.0- 755.003 | 24.4- 1175.005 | 32.8- 1594.993 | 41.2- 2014.991 | 49.6- 2435.001 | 58.0- 2855.002 |
| 7.7- 339.980 | 16.1- 760.007 | 24.5- 1180.003 | 32.9- 1600.004 | 41.3- 2019.991 | 49.7- 2439.996 | 58.1- 2860.005 |
| 7.8- 344.972 | 16.2- 765.005 | 24.6- 1185.006 | 33.0- 1605.008 | 41.4- 2024.989 | 49.8- 2444.991 | 58.2- 2864.991 |
| 7.9- 349.964 | 16.3- 770.000 | 24.7- 1190.001 | 33.1- 1609.996 | 41.5- 2029.995 | 49.9- 2449.998 | 58.3- 2870.003 |
| 8.0- 354.970 | 16.4- 775.003 | 24.8- 1195.011 | 33.2- 1614.999 | 41.6- 2034.985 | 50.0- 2454.994 | 58.4- 2875.001 |
| 8.1- 359.967 | 16.5- 780.010 | 24.9- 1200.008 | 33.3- 1619.993 | 41.7- 2039.986 | 50.1- 2459.982 | 58.5- 2880.010 |
| 8.2- 364.974 | 16.6- 785.015 | 25.0- 1205.010 | 33.4- 1624.979 | 41.8- 2044.990 | 50.2- 2464.989 | 58.6- 2885.003 |
| 8.3- 369.978 | 16.7- 790.009 | 25.1- 1210.010 | 33.5- 1630.005 | 41.9- 2049.989 | 50.3- 2469.977 | 58.7- 2890.004 |
| 8.4- 374.977 | 16.8- 795.016 | 25.2- 1215.025 | 33.6- 1634.978 | 42.0- 2054.986 | 50.4- 2474.985 | 58.8- 2895.004 |
| 8.5- 379.984 | 16.9- 800.007 | 25.3- 1220.007 | 33.7- 1639.984 | 42.1- 2059.979 | 50.5- 2479.996 | 58.9- 2900.011 |
| 8.6- 384.991 | 17.0- 805.008 | 25.4- 1225.005 | 33.8- 1645.000 | 42.2- 2064.979 | 50.6- 2484.989 | 59.0- 2905.006 |
| 8.7- 389.997 | 17.1- 810.001 | 25.5- 1230.009 | 33.9- 1649.994 | 42.3- 2069.979 | 50.7- 2490.000 | 59.1- 2910.008 |
| 8.8- 394.998 | 17.2- 814.989 | 25.6- 1235.010 | 34.0- 1654.988 | 42.4- 2074.976 | 50.8- 2495.004 | 59.2- 2915.010 |
| 8.9- 400.000 | 17.3- 820.002 | 25.7- 1240.001 | 34.1- 1659.981 | 42.5- 2079.990 | 50.9- 2499.993 | 59.3- 2920.007 |
| 9.0- 404.978 | 17.4- 825.004 | 25.8- 1245.001 | 34.2- 1664.988 | 42.6- 2084.977 | 51.0- 2504.991 | 59.4- 2925.014 |
| 9.1- 409.977 | 17.5- 830.000 | 25.9- 1250.013 | 34.3- 1669.988 | 42.7- 2089.989 | 51.1- 2510.001 | 59.5- 2930.015 |
| 9.2- 414.991 | 17.6- 835.007 | 26.0- 1254.990 | 34.4- 1674.984 | 42.8- 2094.999 | 51.2- 2514.998 | 59.6- 2935.013 |
| 9.3- 419.996 | 17.7- 840.009 | 26.1- 1259.998 | 34.5- 1679.984 | 42.9- 2099.990 | 51.3- 2519.983 | 59.7- 2940.000 |

OBSERVAÇÕES:

- 1.Os valores de aferição fornecidos são em (mm)
- 2.Desvio padrão médio : 0.005 mm
- 3.Na coluna da esquerda, a parte inteira corresponde aos traços numerados da mira. A parte decimal aos traços intermediários.
- 4.Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

NÚMERO 38423 (Lado direito)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-SETOR DE TECNOLOGIA-DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS-FONE (041) 366-23-23 Ramal 266
 LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO - AFERIÇÃO DA MIRA DE ÎNVAR ZEISS JENA-No.38423 Temperatura : 20 graus Celsius Data: 23/09/93

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
| 62.0- | 4.991 | 70.2- | 414.993 | 78.4- | 824.987 | 86.6- | 1234.962 | 94.8- | 1644.969 | 103.0- | 2054.965 | 111.2- | 2464.990 |
| 62.1- | 9.997 | 70.3- | 419.987 | 78.5- | 829.987 | 86.7- | 1239.960 | 94.9- | 1649.959 | 103.1- | 2059.956 | 111.3- | 2469.981 |
| 62.2- | 14.993 | 70.4- | 424.980 | 78.6- | 834.988 | 86.8- | 1244.971 | 95.0- | 1654.963 | 103.2- | 2064.966 | 111.4- | 2474.982 |
| 62.3- | 19.988 | 70.5- | 429.979 | 78.7- | 839.986 | 86.9- | 1249.964 | 95.1- | 1659.962 | 103.3- | 2069.967 | 111.5- | 2479.983 |
| 62.4- | 24.989 | 70.6- | 434.978 | 78.8- | 844.984 | 87.0- | 1254.972 | 95.2- | 1664.952 | 103.4- | 2074.968 | 111.6- | 2484.975 |
| 62.5- | 29.994 | 70.7- | 439.978 | 78.9- | 849.985 | 87.1- | 1259.980 | 95.3- | 1669.958 | 103.5- | 2079.970 | 111.7- | 2489.982 |
| 62.6- | 34.997 | 70.8- | 444.983 | 79.0- | 854.981 | 87.2- | 1264.972 | 95.4- | 1674.967 | 103.6- | 2084.963 | 111.8- | 2494.990 |
| 62.7- | 39.995 | 70.9- | 449.995 | 79.1- | 859.990 | 87.3- | 1269.979 | 95.5- | 1679.960 | 103.7- | 2089.975 | 111.9- | 2499.981 |
| 62.8- | 44.993 | 71.0- | 454.987 | 79.2- | 864.986 | 87.4- | 1274.973 | 95.6- | 1684.974 | 103.8- | 2094.975 | 112.0- | 2504.966 |
| 62.9- | 49.994 | 71.1- | 459.993 | 79.3- | 869.975 | 87.5- | 1279.979 | 95.7- | 1689.975 | 103.9- | 2099.974 | 112.1- | 2509.978 |
| 63.0- | 54.981 | 71.2- | 464.991 | 79.4- | 874.988 | 87.6- | 1284.992 | 95.8- | 1694.965 | 104.0- | 2104.965 | 112.2- | 2514.992 |
| 63.1- | 59.989 | 71.3- | 470.001 | 79.5- | 879.979 | 87.7- | 1289.978 | 95.9- | 1699.986 | 104.1- | 2109.971 | 112.3- | 2520.002 |
| 63.2- | 64.993 | 71.4- | 474.998 | 79.6- | 884.987 | 87.8- | 1294.973 | 96.0- | 1704.969 | 104.2- | 2114.972 | 112.4- | 2524.988 |
| 63.3- | 69.993 | 71.5- | 480.002 | 79.7- | 889.978 | 87.9- | 1299.971 | 96.1- | 1709.966 | 104.3- | 2119.967 | 112.5- | 2529.982 |
| 63.4- | 75.002 | 71.6- | 484.999 | 79.8- | 894.983 | 88.0- | 1304.983 | 96.2- | 1714.974 | 104.4- | 2124.972 | 112.6- | 2534.986 |
| 63.5- | 79.995 | 71.7- | 490.005 | 79.9- | 899.982 | 88.1- | 1309.976 | 96.3- | 1719.965 | 104.5- | 2129.971 | 112.7- | 2539.995 |
| 63.6- | 84.989 | 71.8- | 495.000 | 80.0- | 904.982 | 88.2- | 1314.983 | 96.4- | 1724.972 | 104.6- | 2134.978 | 112.8- | 2544.997 |
| 63.7- | 90.000 | 71.9- | 499.993 | 80.1- | 909.983 | 88.3- | 1319.984 | 96.5- | 1729.966 | 104.7- | 2139.980 | 112.9- | 2549.988 |
| 63.8- | 95.014 | 72.0- | 504.994 | 80.2- | 914.989 | 88.4- | 1324.963 | 96.6- | 1734.964 | 104.8- | 2144.976 | 113.0- | 2554.972 |
| 63.9- | 100.000 | 72.1- | 510.002 | 80.3- | 919.989 | 88.5- | 1329.967 | 96.7- | 1739.972 | 104.9- | 2149.987 | 113.1- | 2559.980 |
| 64.0- | 104.994 | 72.2- | 514.994 | 80.4- | 924.982 | 88.6- | 1334.971 | 96.8- | 1744.967 | 105.0- | 2154.962 | 113.2- | 2564.981 |
| 64.1- | 109.996 | 72.3- | 519.984 | 80.5- | 929.979 | 88.7- | 1339.967 | 96.9- | 1749.964 | 105.1- | 2159.962 | 113.3- | 2569.976 |
| 64.2- | 114.995 | 72.4- | 524.980 | 80.6- | 934.978 | 88.8- | 1344.970 | 97.0- | 1754.969 | 105.2- | 2164.964 | 113.4- | 2574.991 |
| 64.3- | 119.997 | 72.5- | 529.971 | 80.7- | 939.972 | 88.9- | 1349.966 | 97.1- | 1759.959 | 105.3- | 2169.969 | 113.5- | 2579.987 |
| 64.4- | 124.993 | 72.6- | 534.983 | 80.8- | 944.969 | 89.0- | 1354.958 | 97.2- | 1764.965 | 105.4- | 2174.970 | 113.6- | 2584.991 |
| 64.5- | 129.983 | 72.7- | 539.978 | 80.9- | 949.965 | 89.1- | 1359.956 | 97.3- | 1769.955 | 105.5- | 2179.963 | 113.7- | 2589.983 |
| 64.6- | 134.979 | 72.8- | 544.978 | 81.0- | 954.982 | 89.2- | 1364.967 | 97.4- | 1774.962 | 105.6- | 2184.964 | 113.8- | 2594.982 |
| 64.7- | 139.978 | 72.9- | 549.974 | 81.1- | 959.987 | 89.3- | 1369.978 | 97.5- | 1779.950 | 105.7- | 2189.970 | 113.9- | 2599.972 |
| 64.8- | 145.000 | 73.0- | 554.989 | 81.2- | 964.974 | 89.4- | 1374.986 | 97.6- | 1784.962 | 105.8- | 2194.971 | 114.0- | 2604.990 |
| 64.9- | 149.991 | 73.1- | 559.977 | 81.3- | 969.980 | 89.5- | 1379.959 | 97.7- | 1789.972 | 105.9- | 2199.970 | 114.1- | 2610.002 |
| 65.0- | 154.991 | 73.2- | 564.996 | 81.4- | 974.965 | 89.6- | 1384.972 | 97.8- | 1794.957 | 106.0- | 2204.996 | 114.2- | 2614.985 |
| 65.1- | 159.981 | 73.3- | 569.998 | 81.5- | 979.986 | 89.7- | 1389.965 | 97.9- | 1799.963 | 106.1- | 2209.989 | 114.3- | 2620.001 |
| 65.2- | 164.981 | 73.4- | 575.000 | 81.6- | 984.978 | 89.8- | 1394.969 | 98.0- | 1804.967 | 106.2- | 2214.995 | 114.4- | 2625.002 |
| 65.3- | 169.976 | 73.5- | 579.993 | 81.7- | 989.971 | 89.9- | 1399.978 | 98.1- | 1809.947 | 106.3- | 2219.986 | 114.5- | 2629.996 |
| 65.4- | 174.983 | 73.6- | 584.990 | 81.8- | 995.000 | 90.0- | 1404.966 | 98.2- | 1814.959 | 106.4- | 2224.978 | 114.6- | 2634.985 |
| 65.5- | 179.987 | 73.7- | 589.989 | 81.9- | 999.977 | 90.1- | 1409.969 | 98.3- | 1819.965 | 106.5- | 2229.972 | 114.7- | 2639.996 |
| 65.6- | 184.991 | 73.8- | 594.993 | 82.0- | 1004.971 | 90.2- | 1414.966 | 98.4- | 1824.968 | 106.6- | 2234.974 | 114.8- | 2644.990 |
| 65.7- | 189.987 | 73.9- | 599.995 | 82.1- | 1009.990 | 90.3- | 1419.974 | 98.5- | 1829.960 | 106.7- | 2239.977 | 114.9- | 2649.991 |
| 65.8- | 194.991 | 74.0- | 604.991 | 82.2- | 1014.984 | 90.4- | 1424.975 | 98.6- | 1834.968 | 106.8- | 2244.969 | 115.0- | 2654.989 |
| 65.9- | 199.989 | 74.1- | 609.993 | 82.3- | 1019.991 | 90.5- | 1429.972 | 98.7- | 1839.953 | 106.9- | 2249.963 | 115.1- | 2660.000 |
| 66.0- | 204.983 | 74.2- | 614.984 | 82.4- | 1024.980 | 90.6- | 1434.969 | 98.8- | 1844.946 | 107.0- | 2254.968 | 115.2- | 2665.001 |
| 66.1- | 209.990 | 74.3- | 619.990 | 82.5- | 1029.984 | 90.7- | 1439.964 | 98.9- | 1849.952 | 107.1- | 2259.969 | 115.3- | 2669.986 |
| 66.2- | 215.000 | 74.4- | 624.986 | 82.6- | 1034.969 | 90.8- | 1444.967 | 99.0- | 1854.956 | 107.2- | 2264.967 | 115.4- | 2674.996 |
| 66.3- | 219.997 | 74.5- | 629.995 | 82.7- | 1039.972 | 90.9- | 1449.972 | 99.1- | 1859.971 | 107.3- | 2269.971 | 115.5- | 2679.995 |
| 66.4- | 224.995 | 74.6- | 634.978 | 82.8- | 1044.974 | 91.0- | 1454.966 | 99.2- | 1864.954 | 107.4- | 2274.968 | 115.6- | 2684.993 |
| 66.5- | 229.973 | 74.7- | 639.983 | 82.9- | 1049.978 | 91.1- | 1459.970 | 99.3- | 1869.960 | 107.5- | 2279.976 | 115.7- | 2689.993 |
| 66.6- | 234.979 | 74.8- | 644.969 | 83.0- | 1054.974 | 91.2- | 1464.969 | 99.4- | 1874.963 | 107.6- | 2284.968 | 115.8- | 2694.993 |
| 66.7- | 239.982 | 74.9- | 649.976 | 83.1- | 1059.969 | 91.3- | 1469.968 | 99.5- | 1879.970 | 107.7- | 2289.970 | 115.9- | 2700.001 |
| 66.8- | 244.984 | 75.0- | 654.987 | 83.2- | 1064.967 | 91.4- | 1474.967 | 99.6- | 1884.985 | 107.8- | 2294.971 | 116.0- | 2704.983 |
| 66.9- | 249.992 | 75.1- | 659.999 | 83.3- | 1069.971 | 91.5- | 1479.972 | 99.7- | 1889.974 | 107.9- | 2299.975 | 116.1- | 2710.008 |
| 67.0- | 254.983 | 75.2- | 664.993 | 83.4- | 1074.966 | 91.6- | 1484.980 | 99.8- | 1894.971 | 108.0- | 2304.988 | 116.2- | 2715.005 |
| 67.1- | 259.992 | 75.3- | 669.976 | 83.5- | 1079.962 | 91.7- | 1489.987 | 99.9- | 1899.990 | 108.1- | 2309.984 | 116.3- | 2720.008 |
| 67.2- | 264.994 | 75.4- | 675.001 | 83.6- | 1084.955 | 91.8- | 1494.975 | 100.0- | 1904.960 | 108.2- | 2314.976 | 116.4- | 2724.990 |
| 67.3- | 269.987 | 75.5- | 680.001 | 83.7- | 1089.961 | 91.9- | 1499.983 | 100.1- | 1909.981 | 108.3- | 2319.976 | 116.5- | 2729.973 |
| 67.4- | 274.991 | 75.6- | 684.996 | 83.8- | 1094.954 | 92.0- | 1504.982 | 100.2- | 1914.982 | 108.4- | 2324.968 | 116.6- | 2734.988 |
| 67.5- | 279.991 | 75.7- | 689.993 | 83.9- | 1099.961 | 92.1- | 1509.978 | 100.3- | 1919.982 | 108.5- | 2329.965 | 116.7- | 2740.001 |

| | | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 67.6- 284.985 | 75.8- 694.989 | 84.0- 1104.966 | 92.2- 1514.980 | 100.4- 1924.970 | 108.6- 2334.961 | 116.8- 2744.975 |
| 67.7- 289.983 | 75.9- 699.984 | 84.1- 1109.961 | 92.3- 1519.977 | 100.5- 1929.959 | 108.7- 2339.969 | 116.9- 2749.988 |
| 67.8- 294.971 | 76.0- 704.983 | 84.2- 1114.972 | 92.4- 1524.974 | 100.6- 1934.976 | 108.8- 2344.958 | 117.0- 2754.996 |
| 67.9- 299.984 | 76.1- 709.998 | 84.3- 1119.972 | 92.5- 1529.968 | 100.7- 1939.969 | 108.9- 2349.954 | 117.1- 2759.986 |
| 68.0- 304.979 | 76.2- 714.999 | 84.4- 1124.953 | 92.6- 1534.983 | 100.8- 1944.968 | 109.0- 2354.967 | 117.2- 2764.990 |
| 68.1- 309.980 | 76.3- 719.983 | 84.5- 1129.966 | 92.7- 1539.969 | 100.9- 1949.964 | 109.1- 2359.962 | 117.3- 2770.001 |
| 68.2- 314.990 | 76.4- 724.982 | 84.6- 1134.967 | 92.8- 1544.971 | 101.0- 1954.956 | 109.2- 2364.962 | 117.4- 2774.998 |
| 68.3- 319.966 | 76.5- 729.981 | 84.7- 1139.952 | 92.9- 1549.969 | 101.1- 1959.949 | 109.3- 2369.963 | 117.5- 2779.992 |
| 68.4- 324.963 | 76.6- 734.984 | 84.8- 1144.974 | 93.0- 1554.969 | 101.2- 1964.962 | 109.4- 2374.956 | 117.6- 2784.996 |
| 68.5- 329.961 | 76.7- 739.977 | 84.9- 1149.979 | 93.1- 1559.980 | 101.3- 1969.965 | 109.5- 2379.966 | 117.7- 2789.999 |
| 68.6- 334.972 | 76.8- 744.979 | 85.0- 1154.957 | 93.2- 1564.971 | 101.4- 1974.964 | 109.6- 2384.962 | 117.8- 2794.989 |
| 68.7- 339.978 | 76.9- 749.989 | 85.1- 1159.963 | 93.3- 1569.962 | 101.5- 1979.969 | 109.7- 2389.960 | 117.9- 2799.993 |
| 68.8- 344.975 | 77.0- 754.979 | 85.2- 1164.956 | 93.4- 1574.965 | 101.6- 1984.978 | 109.8- 2394.965 | 118.0- 2805.021 |
| 68.9- 349.967 | 77.1- 759.981 | 85.3- 1169.963 | 93.5- 1579.969 | 101.7- 1989.982 | 109.9- 2399.963 | 118.1- 2810.011 |
| 69.0- 354.976 | 77.2- 764.991 | 85.4- 1174.958 | 93.6- 1584.979 | 101.8- 1994.963 | 110.0- 2404.964 | 118.2- 2815.001 |
| 69.1- 359.966 | 77.3- 769.985 | 85.5- 1179.956 | 93.7- 1589.981 | 101.9- 1999.975 | 110.1- 2409.977 | 118.3- 2820.000 |
| 69.2- 364.983 | 77.4- 774.987 | 85.6- 1184.976 | 93.8- 1594.965 | 102.0- 2004.977 | 110.2- 2414.992 | 118.4- 2824.986 |
| 69.3- 369.993 | 77.5- 779.993 | 85.7- 1189.973 | 93.9- 1599.967 | 102.1- 2009.962 | 110.3- 2419.985 | 118.5- 2829.988 |
| 69.4- 374.988 | 77.6- 784.984 | 85.8- 1194.965 | 94.0- 1604.974 | 102.2- 2014.974 | 110.4- 2424.979 | 118.6- 2834.992 |
| 69.5- 379.999 | 77.7- 789.992 | 85.9- 1199.975 | 94.1- 1609.980 | 102.3- 2019.955 | 110.5- 2429.984 | 118.7- 2839.999 |
| 69.6- 384.999 | 77.8- 794.990 | 86.0- 1204.973 | 94.2- 1614.979 | 102.4- 2024.954 | 110.6- 2434.984 | 118.8- 2844.988 |
| 69.7- 389.999 | 77.9- 799.982 | 86.1- 1209.966 | 94.3- 1619.975 | 102.5- 2029.958 | 110.7- 2439.998 | 118.9- 2849.995 |
| 69.8- 394.977 | 78.0- 804.976 | 86.2- 1214.965 | 94.4- 1624.971 | 102.6- 2034.966 | 110.8- 2444.979 | 119.0- 2854.998 |
| 69.9- 399.983 | 78.1- 809.996 | 86.3- 1219.975 | 94.5- 1629.973 | 102.7- 2039.972 | 110.9- 2449.982 | 119.1- 2860.003 |
| 70.0- 404.984 | 78.2- 814.984 | 86.4- 1224.975 | 94.6- 1634.979 | 102.8- 2044.962 | 111.0- 2454.979 | 119.2- 2865.002 |
| 70.1- 409.980 | 78.3- 819.983 | 86.5- 1229.969 | 94.7- 1639.964 | 102.9- 2049.963 | 111.1- 2459.981 | 119.3- 2869.996 |

OBSERVAÇÕES:

1.Os valores de aferição fornecidos são em (mm)

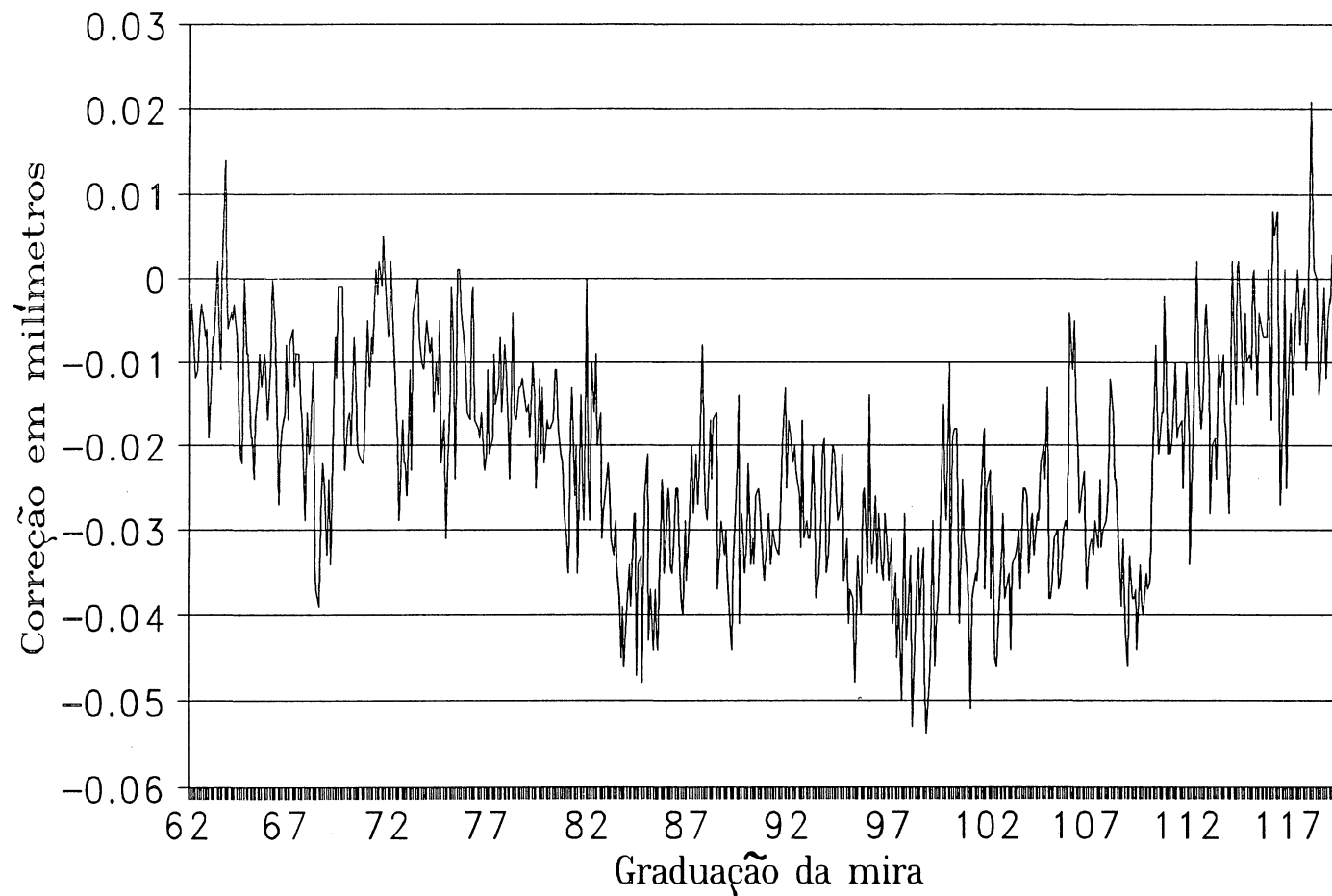
2.Desvio padrão médio : 0.009mm

3.Na coluna da esquerda, a parte inteira corresponde aos traços numerados da mira. A parte decimal aos traços intermediários.

4.Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

NÚMERO 38423 (Lado esquerdo)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-SETOR DE TECNOLOGIA-DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS-FONE (041) 366-23-23 Ramal 266
LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO - AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR ZEISS JENA-No.38505 Temperatura : 20 graus Celsius Data: 23/09/93

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1.0- | 4.990 | 9.4- | 424.974 | 17.8- | 844.975 | 26.2- | 1264.963 | 34.6- | 1684.958 | 43.0- | 2104.958 | 51.4- | 2524.974 |
| 1.1- | 9.995 | 9.5- | 429.977 | 17.9- | 849.972 | 26.3- | 1269.967 | 34.7- | 1689.954 | 43.1- | 2109.959 | 51.5- | 2529.977 |
| 1.2- | 14.996 | 9.6- | 434.970 | 18.0- | 854.978 | 26.4- | 1274.967 | 34.8- | 1694.947 | 43.2- | 2114.965 | 51.6- | 2534.976 |
| 1.3- | 19.987 | 9.7- | 439.969 | 18.1- | 859.975 | 26.5- | 1279.967 | 34.9- | 1699.962 | 43.3- | 2119.955 | 51.7- | 2539.967 |
| 1.4- | 24.991 | 9.8- | 444.968 | 18.2- | 864.978 | 26.6- | 1284.962 | 35.0- | 1704.957 | 43.4- | 2124.954 | 51.8- | 2544.962 |
| 1.5- | 29.982 | 9.9- | 449.964 | 18.3- | 869.986 | 26.7- | 1289.968 | 35.1- | 1709.964 | 43.5- | 2129.951 | 51.9- | 2549.968 |
| 1.6- | 34.981 | 10.0- | 454.960 | 18.4- | 874.986 | 26.8- | 1294.977 | 35.2- | 1714.968 | 43.6- | 2134.950 | 52.0- | 2554.966 |
| 1.7- | 39.980 | 10.1- | 459.970 | 18.5- | 879.980 | 26.9- | 1299.972 | 35.3- | 1719.960 | 43.7- | 2139.964 | 52.1- | 2559.971 |
| 1.8- | 44.981 | 10.2- | 464.969 | 18.6- | 884.988 | 27.0- | 1304.971 | 35.4- | 1724.963 | 43.8- | 2144.965 | 52.2- | 2564.961 |
| 1.9- | 49.982 | 10.3- | 469.979 | 18.7- | 889.984 | 27.1- | 1309.971 | 35.5- | 1729.961 | 43.9- | 2149.955 | 52.3- | 2569.964 |
| 2.0- | 54.976 | 10.4- | 474.972 | 18.8- | 894.982 | 27.2- | 1314.968 | 35.6- | 1734.955 | 44.0- | 2154.958 | 52.4- | 2574.968 |
| 2.1- | 59.982 | 10.5- | 479.964 | 18.9- | 899.982 | 27.3- | 1319.970 | 35.7- | 1739.963 | 44.1- | 2159.958 | 52.5- | 2579.970 |
| 2.2- | 64.977 | 10.6- | 484.972 | 19.0- | 904.982 | 27.4- | 1324.968 | 35.8- | 1744.953 | 44.2- | 2164.958 | 52.6- | 2584.972 |
| 2.3- | 69.982 | 10.7- | 489.974 | 19.1- | 909.984 | 27.5- | 1329.962 | 35.9- | 1749.948 | 44.3- | 2169.952 | 52.7- | 2589.969 |
| 2.4- | 74.977 | 10.8- | 494.978 | 19.2- | 914.981 | 27.6- | 1334.961 | 36.0- | 1754.948 | 44.4- | 2174.956 | 52.8- | 2594.969 |
| 2.5- | 79.988 | 10.9- | 499.977 | 19.3- | 919.984 | 27.7- | 1339.960 | 36.1- | 1759.945 | 44.5- | 2179.952 | 52.9- | 2599.963 |
| 2.6- | 84.982 | 11.0- | 504.976 | 19.4- | 924.987 | 27.8- | 1344.962 | 36.2- | 1764.953 | 44.6- | 2184.958 | 53.0- | 2604.962 |
| 2.7- | 89.983 | 11.1- | 509.976 | 19.5- | 929.985 | 27.9- | 1349.975 | 36.3- | 1769.947 | 44.7- | 2189.964 | 53.1- | 2609.964 |
| 2.8- | 94.992 | 11.2- | 514.973 | 19.6- | 934.982 | 28.0- | 1354.964 | 36.4- | 1774.950 | 44.8- | 2194.957 | 53.2- | 2614.984 |
| 2.9- | 99.986 | 11.3- | 519.976 | 19.7- | 939.982 | 28.1- | 1359.963 | 36.5- | 1779.952 | 44.9- | 2199.957 | 53.3- | 2619.987 |
| 3.0- | 104.986 | 11.4- | 524.978 | 19.8- | 944.978 | 28.2- | 1364.967 | 36.6- | 1784.949 | 45.0- | 2204.951 | 53.4- | 2624.978 |
| 3.1- | 109.988 | 11.5- | 529.972 | 19.9- | 949.980 | 28.3- | 1369.963 | 36.7- | 1789.952 | 45.1- | 2209.951 | 53.5- | 2629.978 |
| 3.2- | 114.981 | 11.6- | 534.970 | 20.0- | 954.980 | 28.4- | 1374.960 | 36.8- | 1794.958 | 45.2- | 2214.968 | 53.6- | 2634.983 |
| 3.3- | 119.986 | 11.7- | 539.966 | 20.1- | 959.988 | 28.5- | 1379.964 | 36.9- | 1799.960 | 45.3- | 2219.970 | 53.7- | 2639.975 |
| 3.4- | 124.985 | 11.8- | 544.968 | 20.2- | 964.977 | 28.6- | 1384.967 | 37.0- | 1804.954 | 45.4- | 2224.953 | 53.8- | 2644.976 |
| 3.5- | 129.988 | 11.9- | 549.964 | 20.3- | 969.981 | 28.7- | 1389.971 | 37.1- | 1809.946 | 45.5- | 2229.952 | 53.9- | 2649.979 |
| 3.6- | 134.990 | 12.0- | 554.964 | 20.4- | 974.976 | 28.8- | 1394.955 | 37.2- | 1814.966 | 45.6- | 2234.961 | 54.0- | 2654.977 |
| 3.7- | 139.979 | 12.1- | 559.966 | 20.5- | 979.968 | 28.9- | 1399.968 | 37.3- | 1819.959 | 45.7- | 2239.958 | 54.1- | 2659.972 |
| 3.8- | 144.981 | 12.2- | 564.964 | 20.6- | 984.973 | 29.0- | 1404.974 | 37.4- | 1824.954 | 45.8- | 2244.954 | 54.2- | 2664.970 |
| 3.9- | 149.984 | 12.3- | 569.966 | 20.7- | 989.990 | 29.1- | 1409.971 | 37.5- | 1829.964 | 45.9- | 2249.956 | 54.3- | 2669.959 |
| 4.0- | 154.989 | 12.4- | 574.974 | 20.8- | 994.986 | 29.2- | 1414.969 | 37.6- | 1834.956 | 46.0- | 2254.956 | 54.4- | 2674.971 |
| 4.1- | 159.982 | 12.5- | 579.968 | 20.9- | 999.975 | 29.3- | 1419.963 | 37.7- | 1839.940 | 46.1- | 2259.944 | 54.5- | 2679.966 |
| 4.2- | 164.978 | 12.6- | 584.977 | 21.0- | 1004.983 | 29.4- | 1424.961 | 37.8- | 1844.950 | 46.2- | 2264.945 | 54.6- | 2684.976 |
| 4.3- | 169.970 | 12.7- | 589.976 | 21.1- | 1009.993 | 29.5- | 1429.972 | 37.9- | 1849.944 | 46.3- | 2269.953 | 54.7- | 2689.975 |
| 4.4- | 174.972 | 12.8- | 594.971 | 21.2- | 1014.980 | 29.6- | 1434.962 | 38.0- | 1854.947 | 46.4- | 2274.955 | 54.8- | 2694.976 |
| 4.5- | 179.982 | 12.9- | 599.980 | 21.3- | 1019.980 | 29.7- | 1439.960 | 38.1- | 1859.946 | 46.5- | 2279.946 | 54.9- | 2699.975 |
| 4.6- | 184.984 | 13.0- | 604.978 | 21.4- | 1024.985 | 29.8- | 1444.966 | 38.2- | 1864.938 | 46.6- | 2284.958 | 55.0- | 2704.978 |
| 4.7- | 189.982 | 13.1- | 609.966 | 21.5- | 1029.984 | 29.9- | 1449.953 | 38.3- | 1869.943 | 46.7- | 2289.959 | 55.1- | 2709.978 |
| 4.8- | 194.980 | 13.2- | 614.972 | 21.6- | 1034.973 | 30.0- | 1454.950 | 38.4- | 1874.943 | 46.8- | 2294.952 | 55.2- | 2714.986 |
| 4.9- | 199.983 | 13.3- | 619.980 | 21.7- | 1039.981 | 30.1- | 1459.957 | 38.5- | 1879.958 | 46.9- | 2299.950 | 55.3- | 2719.979 |
| 5.0- | 204.989 | 13.4- | 624.967 | 21.8- | 1044.979 | 30.2- | 1464.963 | 38.6- | 1884.954 | 47.0- | 2304.953 | 55.4- | 2724.987 |
| 5.1- | 209.977 | 13.5- | 629.972 | 21.9- | 1049.978 | 30.3- | 1469.957 | 38.7- | 1889.951 | 47.1- | 2309.954 | 55.5- | 2729.986 |
| 5.2- | 214.976 | 13.6- | 634.972 | 22.0- | 1054.970 | 30.4- | 1474.964 | 38.8- | 1894.963 | 47.2- | 2314.965 | 55.6- | 2734.976 |
| 5.3- | 219.984 | 13.7- | 639.974 | 22.1- | 1059.976 | 30.5- | 1479.967 | 38.9- | 1899.961 | 47.3- | 2319.967 | 55.7- | 2739.978 |
| 5.4- | 224.982 | 13.8- | 644.975 | 22.2- | 1064.977 | 30.6- | 1484.960 | 39.0- | 1904.959 | 47.4- | 2324.963 | 55.8- | 2744.967 |
| 5.5- | 229.979 | 13.9- | 649.966 | 22.3- | 1069.980 | 30.7- | 1489.958 | 39.1- | 1909.961 | 47.5- | 2329.966 | 55.9- | 2749.972 |
| 5.6- | 234.974 | 14.0- | 654.973 | 22.4- | 1074.973 | 30.8- | 1494.963 | 39.2- | 1914.958 | 47.6- | 2334.962 | 56.0- | 2754.973 |
| 5.7- | 239.969 | 14.1- | 659.963 | 22.5- | 1079.984 | 30.9- | 1499.973 | 39.3- | 1919.953 | 47.7- | 2339.958 | 56.1- | 2759.968 |
| 5.8- | 244.971 | 14.2- | 664.967 | 22.6- | 1084.978 | 31.0- | 1504.960 | 39.4- | 1924.963 | 47.8- | 2344.954 | 56.2- | 2764.971 |
| 5.9- | 249.980 | 14.3- | 669.981 | 22.7- | 1089.983 | 31.1- | 1509.967 | 39.5- | 1929.968 | 47.9- | 2349.949 | 56.3- | 2769.966 |
| 6.0- | 254.970 | 14.4- | 674.982 | 22.8- | 1094.983 | 31.2- | 1514.970 | 39.6- | 1934.956 | 48.0- | 2354.951 | 56.4- | 2774.967 |
| 6.1- | 259.967 | 14.5- | 679.987 | 22.9- | 1099.985 | 31.3- | 1519.954 | 39.7- | 1939.949 | 48.1- | 2359.955 | 56.5- | 2779.980 |
| 6.2- | 264.970 | 14.6- | 684.975 | 23.0- | 1104.974 | 31.4- | 1524.951 | 39.8- | 1944.953 | 48.2- | 2364.951 | 56.6- | 2784.970 |
| 6.3- | 269.973 | 14.7- | 689.983 | 23.1- | 1109.969 | 31.5- | 1529.964 | 39.9- | 1949.950 | 48.3- | 2369.952 | 56.7- | 2789.968 |
| 6.4- | 274.975 | 14.8- | 694.983 | 23.2- | 1114.974 | 31.6- | 1534.957 | 40.0- | 1954.938 | 48.4- | 2374.949 | 56.8- | 2794.975 |
| 6.5- | 279.983 | 14.9- | 699.974 | 23.3- | 1119.983 | 31.7- | 1539.956 | 40.1- | 1959.943 | 48.5- | 2379.955 | 56.9- | 2799.985 |

| | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 6.6- 284.973 | 15.0- 704.974 | 23.4- 1124.982 | 31.8- 1544.964 | 40.2- 1964.935 | 48.6- 2384.953 | 57.0- 2804.978 |
| 6.7- 289.975 | 15.1- 709.965 | 23.5- 1129.982 | 31.9- 1549.958 | 40.3- 1969.937 | 48.7- 2389.958 | 57.1- 2809.980 |
| 6.8- 294.977 | 15.2- 714.964 | 23.6- 1134.972 | 32.0- 1554.954 | 40.4- 1974.939 | 48.8- 2394.954 | 57.2- 2814.985 |
| 6.9- 299.983 | 15.3- 719.984 | 23.7- 1139.973 | 32.1- 1559.953 | 40.5- 1979.943 | 48.9- 2399.946 | 57.3- 2819.987 |
| 7.0- 304.981 | 15.4- 724.984 | 23.8- 1144.982 | 32.2- 1564.949 | 40.6- 1984.946 | 49.0- 2404.954 | 57.4- 2824.979 |
| 7.1- 309.970 | 15.5- 729.972 | 23.9- 1149.963 | 32.3- 1569.951 | 40.7- 1989.948 | 49.1- 2409.971 | 57.5- 2829.980 |
| 7.2- 314.972 | 15.6- 734.965 | 24.0- 1154.972 | 32.4- 1574.943 | 40.8- 1994.961 | 49.2- 2414.962 | 57.6- 2834.972 |
| 7.3- 319.972 | 15.7- 739.966 | 24.1- 1159.980 | 32.5- 1579.955 | 40.9- 1999.960 | 49.3- 2419.956 | 57.7- 2839.969 |
| 7.4- 324.977 | 15.8- 744.965 | 24.2- 1164.979 | 32.6- 1584.955 | 41.0- 2004.953 | 49.4- 2424.963 | 57.8- 2844.969 |
| 7.5- 329.975 | 15.9- 749.970 | 24.3- 1169.972 | 32.7- 1589.958 | 41.1- 2009.949 | 49.5- 2429.963 | 57.9- 2849.972 |
| 7.6- 334.964 | 16.0- 754.967 | 24.4- 1174.971 | 32.8- 1594.967 | 41.2- 2014.958 | 49.6- 2434.959 | 58.0- 2854.975 |
| 7.7- 339.963 | 16.1- 759.974 | 24.5- 1179.964 | 32.9- 1599.961 | 41.3- 2019.960 | 49.7- 2439.961 | 58.1- 2859.973 |
| 7.8- 344.962 | 16.2- 764.970 | 24.6- 1184.969 | 33.0- 1604.962 | 41.4- 2024.948 | 49.8- 2444.958 | 58.2- 2864.974 |
| 7.9- 349.963 | 16.3- 769.970 | 24.7- 1189.969 | 33.1- 1609.957 | 41.5- 2029.948 | 49.9- 2449.962 | 58.3- 2869.976 |
| 8.0- 354.965 | 16.4- 774.976 | 24.8- 1194.970 | 33.2- 1614.953 | 41.6- 2034.941 | 50.0- 2454.961 | 58.4- 2874.981 |
| 8.1- 359.962 | 16.5- 779.970 | 24.9- 1199.974 | 33.3- 1619.955 | 41.7- 2039.953 | 50.1- 2459.955 | 58.5- 2879.987 |
| 8.2- 364.961 | 16.6- 784.966 | 25.0- 1204.973 | 33.4- 1624.960 | 41.8- 2044.958 | 50.2- 2464.966 | 58.6- 2884.977 |
| 8.3- 369.964 | 16.7- 789.978 | 25.1- 1209.971 | 33.5- 1629.958 | 41.9- 2049.954 | 50.3- 2469.961 | 58.7- 2889.984 |
| 8.4- 374.968 | 16.8- 794.974 | 25.2- 1214.967 | 33.6- 1634.952 | 42.0- 2054.951 | 50.4- 2474.963 | 58.8- 2894.979 |
| 8.5- 379.981 | 16.9- 799.970 | 25.3- 1219.969 | 33.7- 1639.939 | 42.1- 2059.944 | 50.5- 2479.962 | 58.9- 2899.982 |
| 8.6- 384.971 | 17.0- 804.969 | 25.4- 1224.959 | 33.8- 1644.948 | 42.2- 2064.939 | 50.6- 2484.965 | 59.0- 2904.975 |
| 8.7- 389.972 | 17.1- 809.971 | 25.5- 1229.968 | 33.9- 1649.967 | 42.3- 2069.953 | 50.7- 2489.964 | 59.1- 2909.983 |
| 8.8- 394.973 | 17.2- 814.969 | 25.6- 1234.981 | 34.0- 1654.958 | 42.4- 2074.952 | 50.8- 2494.964 | 59.2- 2914.977 |
| 8.9- 399.971 | 17.3- 819.972 | 25.7- 1239.963 | 34.1- 1659.943 | 42.5- 2079.941 | 50.9- 2499.956 | 59.3- 2919.986 |
| 9.0- 404.966 | 17.4- 824.974 | 25.8- 1244.965 | 34.2- 1664.944 | 42.6- 2084.952 | 51.0- 2504.965 | 59.4- 2924.995 |
| 9.1- 409.966 | 17.5- 829.975 | 25.9- 1249.964 | 34.3- 1669.939 | 42.7- 2089.944 | 51.1- 2509.976 | 59.5- 2929.992 |
| 9.2- 414.977 | 17.6- 834.975 | 26.0- 1254.962 | 34.4- 1674.954 | 42.8- 2094.948 | 51.2- 2514.962 | 59.6- 2934.986 |
| 9.3- 419.985 | 17.7- 839.973 | 26.1- 1259.968 | 34.5- 1679.964 | 42.9- 2099.950 | 51.3- 2519.958 | 59.7- 2939.972 |

OBSERVAÇÕES:

1.Os valores de aferição fornecidos são em (mm)

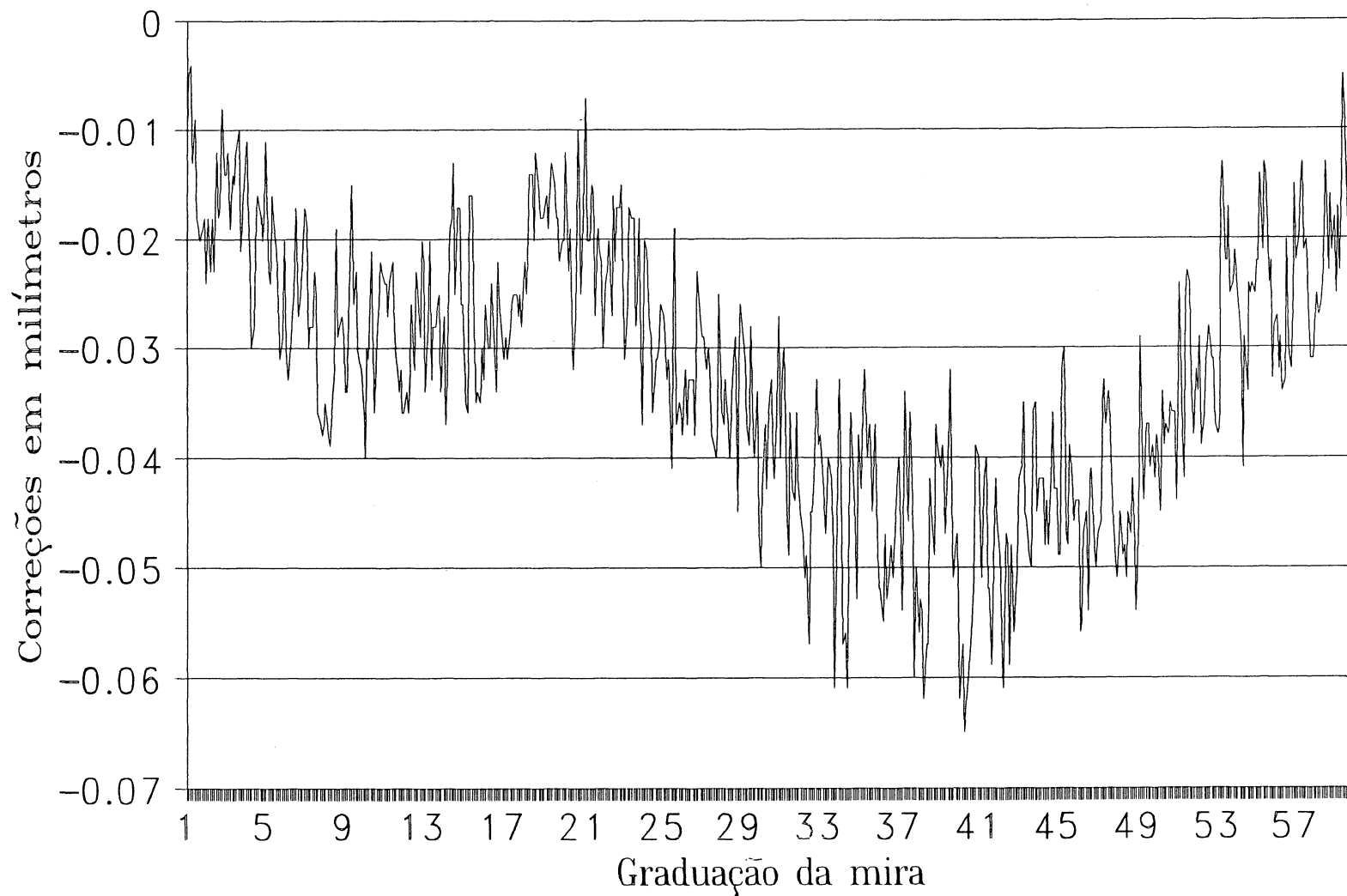
2.Desvio padrão médio : 0.008mm

3.Na coluna da esquerda, a parte inteira corresponde aos traços numerados da mira. A parte decimal aos traços intermediários.

4.Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

NÚMERO 38505 (Lado direito)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-SETOR DE TECNOLOGIA-DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS-FONE (041) 366-23-23 Ramal 266
LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO - AFERIÇÃO DA MIRA DE ÎNVAR ZEISS JENA-No.38505 Temperatura : 20 graus Celsius Data: 23/09/93

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
| 62.0- | 4.996 | 70.2- | 414.999 | 78.4- | 824.996 | 86.6- | 1234.979 | 94.8- | 1644.965 | 103.0- | 2054.955 | 111.2- | 2464.967 |
| 62.1- | 10.004 | 70.3- | 419.999 | 78.5- | 829.999 | 86.7- | 1239.976 | 94.9- | 1649.965 | 103.1- | 2059.953 | 111.3- | 2469.966 |
| 62.2- | 15.002 | 70.4- | 424.994 | 78.6- | 834.991 | 86.8- | 1244.981 | 95.0- | 1654.977 | 103.2- | 2064.961 | 111.4- | 2474.968 |
| 62.3- | 20.000 | 70.5- | 429.987 | 78.7- | 840.001 | 86.9- | 1249.976 | 95.1- | 1659.969 | 103.3- | 2069.963 | 111.5- | 2479.964 |
| 62.4- | 24.996 | 70.6- | 434.993 | 78.8- | 845.008 | 87.0- | 1254.982 | 95.2- | 1664.968 | 103.4- | 2074.957 | 111.6- | 2484.966 |
| 62.5- | 29.998 | 70.7- | 439.993 | 78.9- | 849.991 | 87.1- | 1259.987 | 95.3- | 1669.970 | 103.5- | 2079.965 | 111.7- | 2489.969 |
| 62.6- | 34.998 | 70.8- | 445.000 | 79.0- | 854.997 | 87.2- | 1264.990 | 95.4- | 1674.970 | 103.6- | 2084.962 | 111.8- | 2494.971 |
| 62.7- | 39.999 | 70.9- | 450.009 | 79.1- | 860.003 | 87.3- | 1269.980 | 95.5- | 1679.977 | 103.7- | 2089.962 | 111.9- | 2499.962 |
| 62.8- | 45.009 | 71.0- | 455.011 | 79.2- | 865.003 | 87.4- | 1274.982 | 95.6- | 1684.988 | 103.8- | 2094.960 | 112.0- | 2504.958 |
| 62.9- | 50.003 | 71.1- | 460.005 | 79.3- | 870.003 | 87.5- | 1279.997 | 95.7- | 1689.982 | 103.9- | 2099.963 | 112.1- | 2509.975 |
| 63.0- | 55.001 | 71.2- | 465.006 | 79.4- | 875.005 | 87.6- | 1284.990 | 95.8- | 1694.990 | 104.0- | 2104.961 | 112.2- | 2514.972 |
| 63.1- | 60.012 | 71.3- | 470.013 | 79.5- | 880.006 | 87.7- | 1289.987 | 95.9- | 1699.988 | 104.1- | 2109.956 | 112.3- | 2519.973 |
| 63.2- | 65.003 | 71.4- | 475.009 | 79.6- | 885.010 | 87.8- | 1294.979 | 96.0- | 1704.982 | 104.2- | 2114.960 | 112.4- | 2524.959 |
| 63.3- | 70.004 | 71.5- | 480.013 | 79.7- | 890.003 | 87.9- | 1299.991 | 96.1- | 1709.980 | 104.3- | 2119.968 | 112.5- | 2529.972 |
| 63.4- | 75.005 | 71.6- | 485.014 | 79.8- | 895.007 | 88.0- | 1304.989 | 96.2- | 1714.979 | 104.4- | 2124.958 | 112.6- | 2534.973 |
| 63.5- | 80.006 | 71.7- | 490.011 | 79.9- | 900.005 | 88.1- | 1309.994 | 96.3- | 1719.977 | 104.5- | 2129.965 | 112.7- | 2539.963 |
| 63.6- | 85.001 | 71.8- | 495.011 | 80.0- | 905.009 | 88.2- | 1314.992 | 96.4- | 1724.974 | 104.6- | 2134.977 | 112.8- | 2544.977 |
| 63.7- | 89.998 | 71.9- | 500.011 | 80.1- | 910.018 | 88.3- | 1319.986 | 96.5- | 1729.976 | 104.7- | 2139.966 | 112.9- | 2549.967 |
| 63.8- | 95.006 | 72.0- | 505.011 | 80.2- | 915.015 | 88.4- | 1324.985 | 96.6- | 1734.967 | 104.8- | 2144.965 | 113.0- | 2554.961 |
| 63.9- | 100.008 | 72.1- | 510.004 | 80.3- | 920.003 | 88.5- | 1329.982 | 96.7- | 1739.971 | 104.9- | 2149.979 | 113.1- | 2559.968 |
| 64.0- | 105.013 | 72.2- | 515.003 | 80.4- | 925.000 | 88.6- | 1334.982 | 96.8- | 1744.969 | 105.0- | 2154.959 | 113.2- | 2564.970 |
| 64.1- | 110.002 | 72.3- | 520.000 | 80.5- | 929.991 | 88.7- | 1339.984 | 96.9- | 1749.970 | 105.1- | 2159.958 | 113.3- | 2569.972 |
| 64.2- | 114.988 | 72.4- | 525.008 | 80.6- | 934.992 | 88.8- | 1344.985 | 97.0- | 1754.970 | 105.2- | 2164.965 | 113.4- | 2574.971 |
| 64.3- | 120.004 | 72.5- | 530.000 | 80.7- | 939.993 | 88.9- | 1349.973 | 97.1- | 1759.962 | 105.3- | 2169.969 | 113.5- | 2579.966 |
| 64.4- | 124.996 | 72.6- | 534.999 | 80.8- | 944.995 | 89.0- | 1354.973 | 97.2- | 1764.953 | 105.4- | 2174.959 | 113.6- | 2584.964 |
| 64.5- | 129.996 | 72.7- | 539.991 | 80.9- | 949.992 | 89.1- | 1359.969 | 97.3- | 1769.957 | 105.5- | 2179.954 | 113.7- | 2589.968 |
| 64.6- | 134.995 | 72.8- | 544.999 | 81.0- | 955.006 | 89.2- | 1364.986 | 97.4- | 1774.958 | 105.6- | 2184.955 | 113.8- | 2594.968 |
| 64.7- | 139.993 | 72.9- | 550.000 | 81.1- | 960.000 | 89.3- | 1369.986 | 97.5- | 1779.965 | 105.7- | 2189.958 | 113.9- | 2599.980 |
| 64.8- | 145.004 | 73.0- | 554.997 | 81.2- | 964.998 | 89.4- | 1374.980 | 97.6- | 1784.981 | 105.8- | 2194.963 | 114.0- | 2604.989 |
| 64.9- | 150.000 | 73.1- | 560.003 | 81.3- | 969.997 | 89.5- | 1379.989 | 97.7- | 1789.970 | 105.9- | 2199.972 | 114.1- | 2609.978 |
| 65.0- | 154.994 | 73.2- | 565.007 | 81.4- | 974.998 | 89.6- | 1384.995 | 97.8- | 1794.979 | 106.0- | 2204.965 | 114.2- | 2614.985 |
| 65.1- | 159.984 | 73.3- | 570.010 | 81.5- | 980.003 | 89.7- | 1389.982 | 97.9- | 1799.975 | 106.1- | 2209.971 | 114.3- | 2619.990 |
| 65.2- | 164.994 | 73.4- | 575.015 | 81.6- | 984.995 | 89.8- | 1394.983 | 98.0- | 1804.966 | 106.2- | 2214.965 | 114.4- | 2624.975 |
| 65.3- | 169.995 | 73.5- | 580.016 | 81.7- | 990.000 | 89.9- | 1399.992 | 98.1- | 1809.961 | 106.3- | 2219.960 | 114.5- | 2629.976 |
| 65.4- | 175.001 | 73.6- | 585.010 | 81.8- | 995.002 | 90.0- | 1404.983 | 98.2- | 1814.965 | 106.4- | 2224.963 | 114.6- | 2634.974 |
| 65.5- | 180.001 | 73.7- | 590.008 | 81.9- | 999.995 | 90.1- | 1409.984 | 98.3- | 1819.962 | 106.5- | 2229.956 | 114.7- | 2639.986 |
| 65.6- | 185.009 | 73.8- | 595.008 | 82.0- | 1004.996 | 90.2- | 1414.986 | 98.4- | 1824.957 | 106.6- | 2234.964 | 114.8- | 2644.977 |
| 65.7- | 190.011 | 73.9- | 600.005 | 82.1- | 1010.007 | 90.3- | 1419.987 | 98.5- | 1829.967 | 106.7- | 2239.962 | 114.9- | 2649.979 |
| 65.8- | 195.000 | 74.0- | 605.005 | 82.2- | 1015.002 | 90.4- | 1424.991 | 98.6- | 1834.964 | 106.8- | 2244.951 | 115.0- | 2654.969 |
| 65.9- | 200.007 | 74.1- | 610.007 | 82.3- | 1019.991 | 90.5- | 1429.990 | 98.7- | 1839.956 | 106.9- | 2249.953 | 115.1- | 2659.969 |
| 66.0- | 205.000 | 74.2- | 615.011 | 82.4- | 1024.995 | 90.6- | 1434.973 | 98.8- | 1844.961 | 107.0- | 2254.953 | 115.2- | 2664.969 |
| 66.1- | 210.000 | 74.3- | 619.998 | 82.5- | 1029.983 | 90.7- | 1439.978 | 98.9- | 1849.956 | 107.1- | 2259.957 | 115.3- | 2669.981 |
| 66.2- | 215.000 | 74.4- | 624.997 | 82.6- | 1034.976 | 90.8- | 1444.979 | 99.0- | 1854.953 | 107.2- | 2264.958 | 115.4- | 2674.976 |
| 66.3- | 220.002 | 74.5- | 629.994 | 82.7- | 1039.980 | 90.9- | 1449.971 | 99.1- | 1859.957 | 107.3- | 2269.967 | 115.5- | 2679.977 |
| 66.4- | 224.997 | 74.6- | 634.998 | 82.8- | 1044.980 | 91.0- | 1454.984 | 99.2- | 1864.957 | 107.4- | 2274.963 | 115.6- | 2684.971 |
| 66.5- | 229.988 | 74.7- | 640.003 | 82.9- | 1049.980 | 91.1- | 1459.984 | 99.3- | 1869.956 | 107.5- | 2279.959 | 115.7- | 2689.975 |
| 66.6- | 234.993 | 74.8- | 645.003 | 83.0- | 1054.982 | 91.2- | 1464.975 | 99.4- | 1874.957 | 107.6- | 2284.963 | 115.8- | 2694.982 |
| 66.7- | 239.996 | 74.9- | 649.994 | 83.1- | 1059.977 | 91.3- | 1469.979 | 99.5- | 1879.970 | 107.7- | 2289.960 | 115.9- | 2699.972 |
| 66.8- | 245.000 | 75.0- | 655.017 | 83.2- | 1064.983 | 91.4- | 1474.978 | 99.6- | 1884.974 | 107.8- | 2294.955 | 116.0- | 2704.980 |
| 66.9- | 249.993 | 75.1- | 660.013 | 83.3- | 1069.980 | 91.5- | 1479.985 | 99.7- | 1889.976 | 107.9- | 2299.972 | 116.1- | 2709.986 |
| 67.0- | 254.994 | 75.2- | 665.008 | 83.4- | 1074.983 | 91.6- | 1484.989 | 99.8- | 1894.976 | 108.0- | 2304.975 | 116.2- | 2714.984 |
| 67.1- | 259.997 | 75.3- | 670.010 | 83.5- | 1079.981 | 91.7- | 1489.989 | 99.9- | 1899.961 | 108.1- | 2309.971 | 116.3- | 2719.987 |
| 67.2- | 264.997 | 75.4- | 675.015 | 83.6- | 1084.970 | 91.8- | 1494.989 | 100.0- | 1904.953 | 108.2- | 2314.968 | 116.4- | 2724.979 |
| 67.3- | 270.002 | 75.5- | 680.023 | 83.7- | 1089.980 | 91.9- | 1499.989 | 100.1- | 1909.973 | 108.3- | 2319.966 | 116.5- | 2729.968 |
| 67.4- | 275.000 | 75.6- | 685.013 | 83.8- | 1094.990 | 92.0- | 1504.979 | 100.2- | 1914.971 | 108.4- | 2324.966 | 116.6- | 2734.976 |
| 67.5- | 280.000 | 75.7- | 690.005 | 83.9- | 1099.982 | 92.1- | 1509.985 | 100.3- | 1919.972 | 108.5- | 2329.946 | 116.7- | 2739.969 |

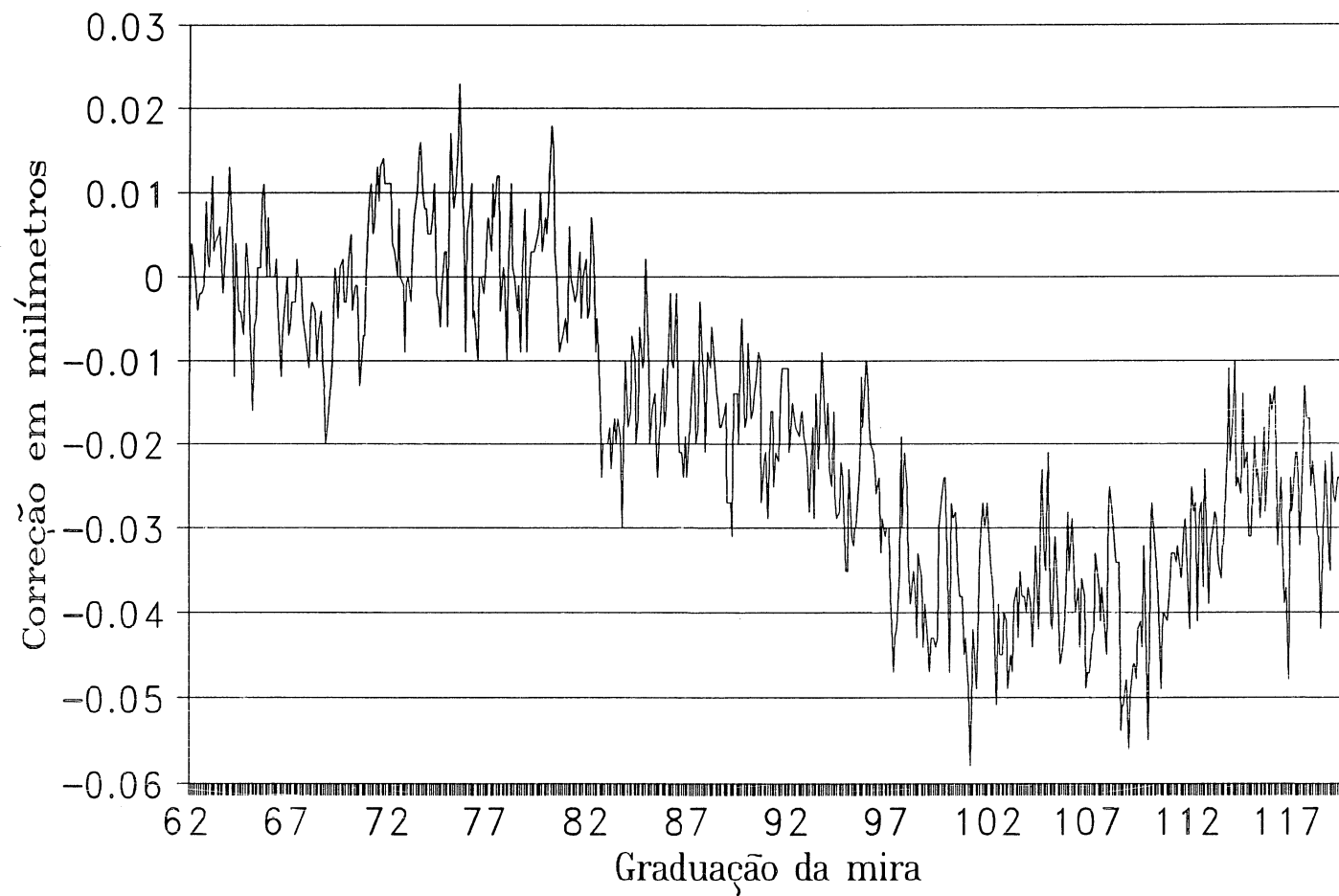
| | | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 67.6- 284.995 | 75.8- 694.991 | 84.0- 1104.984 | 92.2- 1514.983 | 100.4- 1924.965 | 108.6- 2334.949 | 116.8- 2744.961 |
| 67.7- 289.994 | 75.9- 700.005 | 84.1- 1109.993 | 92.3- 1519.982 | 100.5- 1929.962 | 108.7- 2339.949 | 116.9- 2749.963 |
| 67.8- 294.991 | 76.0- 705.008 | 84.2- 1114.990 | 92.4- 1524.981 | 100.6- 1934.962 | 108.8- 2344.952 | 117.0- 2754.952 |
| 67.9- 299.989 | 76.1- 710.011 | 84.3- 1119.980 | 92.5- 1529.983 | 100.7- 1939.955 | 108.9- 2349.944 | 117.1- 2759.976 |
| 68.0- 304.996 | 76.2- 714.995 | 84.4- 1124.983 | 92.6- 1534.984 | 100.8- 1944.957 | 109.0- 2354.950 | 117.2- 2764.972 |
| 68.1- 309.997 | 76.3- 719.996 | 84.5- 1129.994 | 92.7- 1539.981 | 100.9- 1949.951 | 109.1- 2359.954 | 117.3- 2769.979 |
| 68.2- 314.996 | 76.4- 724.990 | 84.6- 1134.989 | 92.8- 1544.979 | 101.0- 1954.942 | 109.2- 2364.954 | 117.4- 2774.979 |
| 68.3- 319.990 | 76.5- 730.000 | 84.7- 1139.990 | 92.9- 1549.977 | 101.1- 1959.949 | 109.3- 2369.952 | 117.5- 2779.976 |
| 68.4- 324.993 | 76.6- 735.000 | 84.8- 1145.002 | 93.0- 1554.972 | 101.2- 1964.958 | 109.4- 2374.958 | 117.6- 2784.968 |
| 68.5- 329.996 | 76.7- 739.998 | 84.9- 1149.989 | 93.1- 1559.982 | 101.3- 1969.951 | 109.5- 2379.959 | 117.7- 2789.980 |
| 68.6- 334.990 | 76.8- 745.001 | 85.0- 1154.980 | 93.2- 1564.971 | 101.4- 1974.957 | 109.6- 2384.956 | 117.8- 2794.987 |
| 68.7- 339.987 | 76.9- 750.005 | 85.1- 1159.984 | 93.3- 1569.986 | 101.5- 1979.967 | 109.7- 2389.968 | 117.9- 2799.983 |
| 68.8- 344.980 | 77.0- 755.007 | 85.2- 1164.986 | 93.4- 1574.977 | 101.6- 1984.973 | 109.8- 2394.951 | 118.0- 2804.983 |
| 68.9- 349.983 | 77.1- 760.003 | 85.3- 1169.979 | 93.5- 1579.984 | 101.7- 1989.970 | 109.9- 2399.945 | 118.1- 2809.975 |
| 69.0- 354.986 | 77.2- 765.011 | 85.4- 1174.976 | 93.6- 1584.991 | 101.8- 1994.971 | 110.0- 2404.969 | 118.2- 2814.978 |
| 69.1- 359.990 | 77.3- 770.007 | 85.5- 1179.980 | 93.7- 1589.986 | 101.9- 1999.973 | 110.1- 2409.973 | 118.3- 2819.973 |
| 69.2- 365.001 | 77.4- 775.012 | 85.6- 1184.989 | 93.8- 1594.980 | 102.0- 2004.965 | 110.2- 2414.968 | 118.4- 2824.969 |
| 69.3- 369.999 | 77.5- 780.012 | 85.7- 1189.982 | 93.9- 1599.985 | 102.1- 2009.964 | 110.3- 2419.966 | 118.5- 2829.969 |
| 69.4- 374.995 | 77.6- 784.996 | 85.8- 1194.983 | 94.0- 1604.977 | 102.2- 2014.961 | 110.4- 2424.962 | 118.6- 2834.958 |
| 69.5- 380.001 | 77.7- 790.001 | 85.9- 1199.994 | 94.1- 1609.975 | 102.3- 2019.949 | 110.5- 2429.951 | 118.7- 2839.969 |
| 69.6- 385.002 | 77.8- 795.000 | 86.0- 1204.998 | 94.2- 1614.984 | 102.4- 2024.961 | 110.6- 2434.958 | 118.8- 2844.978 |
| 69.7- 389.997 | 77.9- 799.990 | 86.1- 1209.990 | 94.3- 1619.974 | 102.5- 2029.955 | 110.7- 2439.960 | 118.9- 2849.973 |
| 69.8- 394.997 | 78.0- 805.000 | 86.2- 1214.989 | 94.4- 1624.971 | 102.6- 2034.955 | 110.8- 2444.959 | 119.0- 2854.965 |
| 69.9- 400.003 | 78.1- 810.011 | 86.3- 1219.998 | 94.5- 1629.972 | 102.7- 2039.960 | 110.9- 2449.961 | 119.1- 2859.979 |
| 70.0- 405.005 | 78.2- 815.001 | 86.4- 1224.982 | 94.6- 1634.978 | 102.8- 2044.959 | 111.0- 2454.963 | 119.2- 2864.974 |
| 70.1- 409.996 | 78.3- 820.000 | 86.5- 1229.979 | 94.7- 1639.976 | 102.9- 2049.951 | 111.1- 2459.967 | 119.3- 2869.973 |

OBSERVAÇÕES:

- 1.Os valores de aferição fornecidos são em (mm)
- 2.Desvio padrão médio : 0.011mm
- 3.Na coluna da esquerda, a parte inteira corresponde aos traços numerados da mira. A parte decimal aos traços intermediários.
- 4.Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

NÚMERO 38505 (Lado esquerdo)



AFERIÇÃO DAS GRADUAÇÕES DO LADO DIREITO DA
MIRA DE ÍNVAR "WILD - Nº 4580 (IBGE)

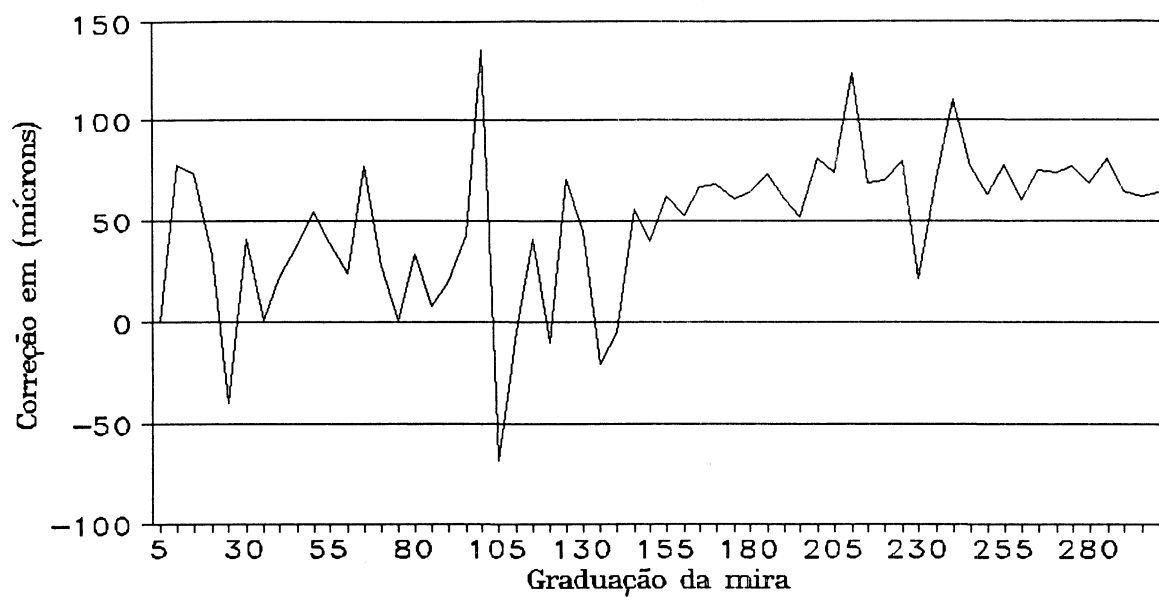
| Lado direito | | | | | Lado esquerdo | | | |
|--------------|---------------|-----|---------------|--|---------------|---------------|-----|---------------|
| GR | V. A. (mm) | G R | V. A. (mm) | | GR | V. A. (mm) | GR | V. A. (mm) |
| 5 | ,000 | 155 | 1500,062 | | 305 | ,000 | 455 | 1500,034 |
| 10 | 50,078 | 160 | 1550,053 | | 310 | 49,969 | 460 | 1549,994 |
| 15 | 100,073 | 165 | 1600,067 | | 315 | 99,900 | 465 | 1600,021 |
| 20 | 150,033 | 170 | 1650,068 | | 320 | 149,975 | 470 | 1650,022 |
| 25 | 199,961 | 175 | 1700,061 | | 325 | 199,976 | 475 | 1700,048 |
| 30 | 250,041 | 180 | 1750,064 | | 330 | 249,975 | 480 | 1750,004 |
| 35 | 300,001 | 185 | 1800,073 | | 335 | 299,985 | 485 | 1800,046 |
| 40 | 350,022 | 190 | 1850,061 | | 340 | 349,980 | 490 | 1850,011 |
| 45 | 400,038 | 295 | 1900,052 | | 345 | 399,980 | 495 | 1900,021 |
| 50 | 450,055 | 200 | 1950,081 | | 350 | 449,969 | 500 | 1949,991 |
| 55 | 500,039 | 205 | 2000,074 | | 355 | 499,991 | 505 | 2000,009 |
| 60 | 550,024 | 210 | 2050,124 | | 360 | 549,990 | 510 | 2049,993 |
| 65 | 600,077 | 215 | 2100,069 | | 365 | 599,976 | 115 | 2100,004 |
| 70 | 650,028 | 220 | 2150,070 | | 370 | 649,985 | 520 | 2150,007 |
| 75 | 700,001 | 225 | 2200,080 | | 375 | 699,978 | 525 | 2199,982 |
| 80 | 750,034 | 230 | 2250,021 | | 380 | 749,973 | 530 | 2250,063 |
| 85 | 800,008 | 235 | 2300,071 | | 385 | 800,026 | 535 | 2300,005 |
| 90 | 850,020 | 240 | 2350,110 | | 390 | 849,971 | 540 | 2350,027 |
| 95 | 900,043 | 245 | 2400,077 | | 395 | 900,000 | 545 | 2400,004 |
| 100 | 950,136 | 250 | 2450,063 | | 400 | 949,952 | 550 | 2450,001 |
| 105 | 999,932 | 255 | 2500,078 | | 405 | 1000,032 | 555 | 2500,025 |
| 110 | 1049,996 | 260 | 2550,060 | | 410 | 1049,973 | 560 | 2550,017 |
| 115 | 1100,041 | 265 | 2600,075 | | 415 | 1100,048 | 565 | 2600,052 |
| 120 | 1149,990 | 270 | 2650,074 | | 420 | 1149,984 | 570 | 2650,030 |
| 125 | 1200,071 | 275 | 2700,077 | | 425 | 1200,007 | 575 | 2700,016 |
| 130 | 1250,045 | 280 | 2750,069 | | 430 | 1249,973 | 580 | 2750,012 |
| 135 | 1399,980 | 285 | 2800,081 | | 435 | 1300,027 | 585 | 2800,009 |
| 140 | 1349,995 | 290 | 2850,065 | | 440 | 1349,994 | 590 | 2850,005 |
| 145 | 1400,056 | 295 | 2900,062 | | 445 | 1400,012 | 595 | 2900,035 |
| 150 | 1450,040 | 300 | 2950,064 | | 450 | 1450,000 | 600 | 2950,009 |

GR = Traço gravado na fita de ínvar, correspondente a graduação da mira

V. A. = Valor de aferição. Os valores de aferição representam a diferença entre o centro dos traços da mira e o centro do primeiro traço medido.

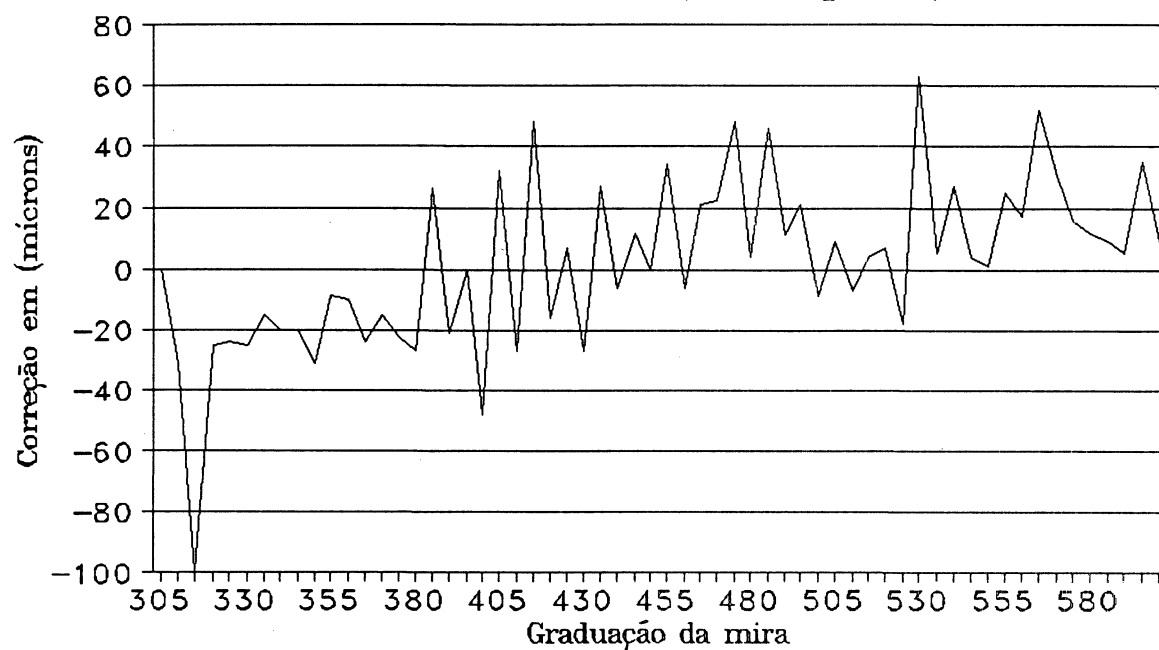
AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

WILD NÚMERO 4580 (lado direito)



AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR

WILD NÚMERO 4580 (lado esquerdo)



ANEXO B

OBSERVAÇÕES

1 - Nas páginas 110 a 116 mostra-se a listagem do programa computacional responsável pela transferência das medidas feitas pelo sistema interferométrico.

2 - Nas páginas 117 a 124 mostra-se a listagem do programa computacional que faz o processamento necessário para a confecção do certificado de aferição das miras.

```

#include "dos.h"
#include "string.h"
#include "ctype.h"
#include "stdlib.h"
#include "stdio.h"
#include "graphics.h"
void sub11000(void);
void sub11400(void);
void sub11800(void);
void sub11600(void);
void sub15100(void);
void sub15000(void);
void sub14920(void);
void sub2400(void);
void sub10000(void);
void sub2500(void);
void sub11400(void);
void WAIT(int port,char word);
void maingraf();

```

```

char MYADDR=30;
int PORT0=784;
char DCL=0X14;
char DET=8;
char GTL=1;
char LLO=0X11;
char MLA=0X20;
char MTA=0X40;
char MSA=0X60;
char PPC=5;
char PPE=0X60;
char PPD=0X70;
char PPU=0X15;
char SDC=4;
char SPD=0X19;
char SPE=0X18;
char TCT=9;
char UNL=0X3F;
char UNT=0X5F;
char RPP=0XF5;
char GTS=0XF6;
char RDI=0XF7;
char REN=0XF8;
char SIFC=0XF9;
char GIDLE=0XF1;
char TCNTR=0XFA;
char TCA=0XFC;
char TCS=0XFD;
char LON=0X40;
char TON=0X80;
char AMODE,COMM,NTAD,TAD[3],LAD[31];

```

```

int PORT1,PORT2,PORT3,PORT4,PORT5,PORT6;
int PORT7,PORT8,PORT9,PORT10,PORT12;
char NLAD,INT1STAT;
FILE *output;

int xloc;

main(int argc,char *argv[])
{
    if(argc!=2){
        clrscr();
        cprintf("USO--> STADIN <Nome do Arquivo>");
        sound(900);
        delay(50);
        nosound();
        sound(300);
        delay(50);
        nosound();
        sound(900);
        delay(50);
        nosound();
        exit(0);
    }
    output=fopen(argv[1],"w");
    maingraf();
    sub11000();
    sub2400();
    sub2500();
    for(;;){
        sub11800();
    }
}

void sub11000(void)
{
    int i;
    PORT1=PORT0+1;
    PORT2=PORT0+2;
    PORT3=PORT0+3;
    PORT4=PORT0+4;
    PORT5=PORT0+5;
    PORT6=PORT0+6;
    PORT7=PORT0+7;
    PORT8=PORT0+8;
    PORT9=PORT0+9;
    PORT10=PORT0+10;
    PORT12=PORT0+12;
    outportb(PORT5,2);
    outportb(PORT9,0xF2);
    outportb(PORT5,0x25);
    outportb(PORT1,0);
    outportb(PORT2,0);
}

```

```

    AMODE=TON;
    outportb(PORT5,0x80);
    outportb(PORT5,0xA1);
    outportb(PORT6,MYADDR);
    outportb(PORT6,0xE0);
    if((inport(PORT6) & 127)!=MYADDR){
        closegraph();
        clrscr();
        gotoxy(20,2);
        textattr(15+128);
        cprintf("BOARD NOT RESPONDING AT LOCATION\n");
        exit(0);
    }
    sub15000();
    outportb(PORT8,0xA0);
    for(i=1;i==1000;i++);
    sub14920();
    COMM=REN;
    outportb(PORT10,0);
    outportb(PORT9,COMM);
    WAIT(PORT12,1);
    return;
}

void sub11400(void)
{
    int i;
    outportb(PORT5,0x82);
    if(inportb(PORT4) & TON){
        for(i=1;i==NTAD;i++){
            COMM=TAD[i];
            sub10000();
        }
        COMM=UNL;
        sub10000();
        COMM=MYADDR+MLA;
        sub10000();
        WAIT(PORT1,2);
        AMODE=LON;
        sub15000();
        COMM=GTS;
        sub15100();
        return;
    }
    WAIT(PORT4,4);
    return;
}

void sub10000(void)
{
    WAIT(PORT1,2);
    outportb(PORT0,COMM);
}

```

```

return;
}

```

```

void sub2500(void)
{
    NLAD=0;
    COMM=UNL;
    sub10000();
    COMM=0;
    COMM=atoi(0);
    COMM=COMM+MLA;
    NLAD=NLAD+1;
    LAD[NLAD]=COMM;
    sub10000();
    COMM=atoi('');
    COMM=COMM+MSA;
    NLAD=NLAD+1;
    LAD[NLAD]=COMM;
    sub10000();
    return;
}

```

```

void sub15000(void)
{
    outportb(PORT4,AMODE);
    outportb(PORT5,0);
    return;
}

```

```

void sub14920(void)
{
    int i;
    outportb(PORT9,SIFC);
    for(i=1;i==1000;i++);
    return;
}

```

```

void sub2400(void)
{
    NTAD=0;
    COMM=0;
    COMM=atoi(0);
    COMM=COMM+MTA;
    NTAD=NTAD+1;
    TAD[NTAD]=COMM;
    sub10000();
    COMM=atoi('');
}

```

```

    COMM=COMM+MSA;
    NTAD=NTAD+1;
    TAD[NTAD]=COMM;
    sub10000();
    return;
}

```

```

void sub15100(void)
{
    outportb(PORT10,0);
    outportb(PORT9,COMM);
    WAIT(PORT12,1);
    return;
}

```

```

void WAIT(port,word)
int port;
char word;
{
    for(;;){
        if((inportb(port) ^ word)!=0)    return;
        else continue;
    }
}

```

```

void sub11800(void)
{
    int ch;
    char buffer[256];
    xloc=0;
    clearviewport();
    moveto(20,40);

    sub11400();

    do{

        do{
            if(kbhit()){
                getch();
                fclose(output);
                closegraph();
                clrscr();
                exit(1);
            }

            INT1STAT=inportb(PORT1);
        }while((INT1STAT & 1)==0);
        ch=inportb(PORT0);
        /* putchar(ch); */
        sprintf(buffer,"%c",tolower(ch));
    }
}

```



```

        fprintf(output,"%c",tolower(ch));
        outtext(buffer);
        xloc+=textwidth("H")+3;
        moveto(xloc,40);

    }while((INT1STAT & 0x10)==0);
    sub11600();
    return;
}

void sub11600(void)
{
    if((inportb(PORT4) & LON)!=LON){
        outportb(PORT5,0x80);
        outportb(PORT5,3);
        return;
    }
    AMODE=TON;
    sub15000();
    COMM=TCS;
    sub15100();
    outportb(PORT5,0x80);
    outportb(PORT5,3);
    return;
}

void maingraf(void)
{
    int graphdriver=VGA, graphmode=VGAHI;

    if(registerbgidriver(EGAVGA_driver)<0) exit(1);
    if(registerbgifont(triplex_font)<0) exit(1);
    if(registerbgifont(sansserif_font)<0) exit(1);

    initgraph(&graphdriver,&graphmode,"");
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,THICK_WIDTH);
    setfillstyle(1,EGA_LIGHTBLUE);
    floodfill(1,479,5);
    setfillstyle(1,BLACK);
    bar(80,60,559,160);
    setfillstyle(1,BLACK);
    bar(120,230,519,400);
    setcolor(EGA_WHITE);
    rectangle(0,0,640,480);
    rectangle(80,60,559,160);
    rectangle(120,230,519,400);
    setcolor(EGA_YELLOW);
    setttextstyle(3,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(145,2,"UFPR - DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS");
    outtextxy(80,30,"LABORATORIO DE AFERICAO      -      STADIN Versao

```

```
2.0");
outtextxy(140,450,"Para interromper pressione qualquer tecla");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
outtextxy(81,168,"(C) Eng. Aguinaldo Lapa de Souza Jr./Eng. Pedro
Luis Faggion");
setcolor(EGA_YELLOW);
line(0,185,640,185);
line(0,440,640,440);
setcolor(EGA_YELLOW);
settextstyle(1,0,4);
outtextxy(135,270,"TRANSMISSAO DE DADOS");
outtextxy(200,330,"EM ANDAMENTO" );
setviewport(82,62,557,158,1);
setcolor(EGA_YELLOW);
settextstyle(1,0,6);
settextjustify(0,1);
return;
}
```

PROGRAMA PRINCIPAL

\$debug

```

    DIMENSION A(700),B(700),C(700),D(700),E(700),F(700)
    DIMENSION G(700),P(700),C1(700)
    CHARACTER*30 ARQ1,ARQ2,ARS2,ARQS
    CHARACTER*8 DAT
    CHARACTER*8 SERVC
    WRITE(*,7502)
7502      FORMAT(60(/))
    WRITE(*,5)
5      FORMAT(/19X,' INFORME AO PROGRAMA OS SEGUINTE DADOS:')
    WRITE(*,*)
    WRITE(*,10)
10     FORMAT(/2X,' SEMI-CENT(5),CENT.(10).....: '$)
    READ(*,*)NET
    WRITE(*,6)
6      FORMAT(/2X,' ARQUIVO DE IDA(PD).....: '$)
    READ(*,7) ARQ1
7      FORMAT(A30)
    WRITE(*,8)
8      FORMAT(/2X,' ARQUIVO DE VOLTA(PI).....: '$)
    READ(*,9) ARQ2
9      FORMAT(A30)
    WRITE(*,11)
11     FORMAT(/2X,' L.DIREITO (3), L.ESQUERDO (4).....: '$)
    READ(*,*) MP
    WRITE(*,12)
12     FORMAT(/2X,' ARQUIVO DE SAIDA.....: '$)
    READ(*,15) ARS2
15     FORMAT(A30)
    WRITE(*,20)
20     FORMAT(/2X,' ARQUIVO P/ O GRAFICO(*.prn).....: '$)
    READ(*,25) ARQS
25     FORMAT(A30)
    WRITE(*,30)
30     FORMAT(/2X,' N (N numero de leituras).....: '$)
    READ(*,*)N
    N1=N-1
    WRITE(*,40)
40     FORMAT(/2X,' MIRA DE INVAR NUMERO (8 carac.)...: '$)
    READ(*,45)SERVC
45     FORMAT(A8)
    WRITE(*,50)
50     FORMAT(/2X,' DATA DA AFERICA.....: '$)
    READ(*,55)DAT
55     FORMAT(A8)
    WRITE(*,60)
60     FORMAT(///,19X' Em processamento.AGUARDE POR FAVOR...',/)

    OPEN(1,FILE=ARQ1,STATUS='OLD')
    OPEN(2,FILE=ARQ2,STATUS='OLD')
        OPEN(3,FILE=ARS2,STATUS='NEW')
    OPEN(4,FILE=ARQS,STATUS='NEW')

```

```
DO 65 I=1,N
READ(1,*)A(I)
READ(2,*)B(I)
65    CONTINUE
    CALL CORRE(A,C,N)
    CALL CORRE(B,D,N)
    CALL DIF2(C,E,N)
    CALL DIF3(D,F,N,N1)
    DO 90 I=1,N1
    C1(I)=E(I)-F(I)
    IF(C1(I)-0.020)95,95,100
90    CONTINUE
95    CONTINUE
    CALL DPA(E,F,SIG1,N1)
    CALL MED(E,F,G,N1)
    CALL DIF(G,P,N1,NET)
    IF(NET-5)70,70,75
70    CALL TES1(G,P,DAT,SERVC,N1,MP,SIG1)
    GO TO 80
75    CALL TES2(G,P,DAT,SERVC,N1,MP,SIG1)
80    CONTINUE
100   WRITE(*,110)
110   FORMAT(/,2X 'DIFERENCA ENTRE LEITURAS DE IDA E VOLTA >
        0.020mm ')
    STOP
    END
```

SUBROTINAS

```
      SUBROUTINE DIF(A,B,N1,NET)
      DIMENSION A(600),B(600)
      J=NET
      DO 20 I=1,N1
      B(I)=A(I)-J
      J=J+NET
20    CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE DIF2(A,B,N)
      DIMENSION A(600),B(600)
      DO 15 I=1,N
      B(I)=A(I+1)-A(1)
15    CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE DIF3(A,B,N,N1)
      DIMENSION A(600),B(600)
      DO 15 I=1,N1
      B(I)=A(N)-A(N-I)
15    CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE MED(A,B,C,N1)
      DIMENSION A(600),B(600),C(600)
      DO 20 I=1,N1
      C(I)=(A(I)+B(I))/2
20    CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE CORRE(X,Y,N)
      DIMENSION X(600),Y(600)
      OPEN(6,FILE='CORRECAO.DAT',ACCESS='DIRECT',
1      FORM='FORMATTED',RECL=10)
      DO 10 I=1,N
      K=IFIX(X(I))
      READ(6,100,REC=K) COR
      Y(I)=X(I)-COR
10     CONTINUE
100    FORMAT(F10.3)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE TES1(G,P,DAT,SERV,N1,MP,SIG1)
      DIMENSION G(600),P(600)
      CHARACTER*8 DAT
      CHARACTER*8 SERVC
      IF(MP-3) 80,80,85
80     YX=0.9
      XX=1.0
      GO TO 90
85     YX=61.9
      XX=62.0
90     CONTINUE
      CALL IMP(G,N1,SERV,DAT,YX,XX,SIG1)
      IF(MP-3) 120,120,125
120    YX=0.9
      GO TO 130
125    YX=59.9
130    CONTINUE
      CALL IMP1(P,N1,YX)
      RETURN
      END
```

```

SUBROUTINE IMP(A,N1,SERV, DAT,YX,XX,SIG1)
DIMENSION A(600)
CHARACTER*8 DAT
CHARACTER*8 SERV
WRITE(3,100) SERV,DAT
100  FORMAT(6X,'UNIVERSIDADE  FEDERAL  DO  PARANA  -  SETOR  DE
TECNOLOGIA
1- DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS - FONE (041) 366-23-23 Ramal
266',/
2,T15,'LABORATORIO DE AFERICA - ',/,T17,'AFERICA DA MIRA
4 DE INVAR ZEISS JENA-No.','A6,' Temperatura : 20 graus
Celsius',/
5Data: ',A8,/)
K=N1/7
J=K
L=K*2
M=K*3
N=K*4
I1=K*5
J1=K*6
XI=YX
XJ=(( (FLOAT(J)/10))-0.1)+XX
XL=(( (FLOAT(L)/10))-0.1)+XX
XM=(( (FLOAT(M)/10))-0.1)+XX
XN=(( (FLOAT(N)/10))-0.1)+XX
XI1=(( (FLOAT(I1)/10))-0.1)+XX
XJ1=(( (FLOAT(J1)/10))-0.1)+XX
DO 50 I=1,K
XI=XI+0.1
XJ=XJ+0.1
XL=XL+0.1
XM=XM+0.1
XN=XN+0.1
XI1=XI1+0.1
XJ1=XJ1+0.1
J=J+1
L=L+1
M=M+1
N=N+1
I1=I1+1
J1=J1+1
WRITE(3,38) XI,A(I),XJ,A(J),XL,A(L),XM,A(M),XN,A(N),XI1,A(I1),
1 XJ1,A(J1)
50  CONTINUE
38  FORMAT(7(F5.1,'- ',F8.3' |'))
WRITE(3,600)
600  FORMAT(/,3X,'OBSERVACOES:')
WRITE(3,663)
663  FORMAT(/,3X,'1.Os valores de afericao fornecidos sao em (mm)'
)
WRITE(3,665) SIG1
665  FORMAT(/,3X,'2.Desvio padrao medio : 0'f4.3'mm')
WRITE(3,650)
650  FORMAT(/,3X,'3.Na coluna da esquerda,a parte inteira
corresponde a

```

```

      los tracos numerados da mira.A parte decimal aos tracos
intermediar
      2ios.')
```

660 WRITE(3,660)

660 FORMAT(/,3X,'4.Os valores de calibracao representam a
diferenca en
1tre o centro dos tracos da mira e o centro do primeiro traco
medid
2o.')

 RETURN
 END

```

      SUBROUTINE IMP1(A,N1,YX)
      DIMENSION A(600)
      K=N1
      XI=YX
      DO 50 I=1,K
      XI=XI+0.1
      WRITE(4,850)XI,A(I)
50       CONTINUE
850      FORMAT(2X,F5.1,2X,F9.3)
      RETURN
      END
```

```

      SUBROUTINE TES2(G,P,DAT,SERV,N1,MP,SIG1)
      DIMENSION G(600),P(600)
      CHARACTER*8 DAT
      CHARACTER*8 SERVC
      IF(MP-3)80,80,85
80       NX=4
      GO TO 105
85       NX=304
105      CONTINUE
      CALL IMPA(G,N1,SERV,DAT,NX,SIG1)
      IF(MP-3)135,135,140
135      NX=0
      GO TO 145
140      NX=304
145      CONTINUE
      CALL IMP1A(P,N1,NX)
      RETURN
      END
```



```

SUBROUTINE IMPA(A,N1,SERV, DAT,NX,SIG1)
DIMENSION A(600)
CHARACTER*8 DAT
CHARACTER*8 SERV
WRITE(3,100) SERV,DAT
100  FORMAT(8X,'UNIVERSIDADE  FEDERAL  DO  PARANA  -  SETOR  DE
TECNOLOGIA
      1- DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS - FONE (041) 366-23-23 Ramal
266',/
      2,T18,'LABORATORIO DE AFERICAÇÃO - ,T21,'AFERICAÇÃO DA MIRA
      4  DE  INVAR  WILD-No.',A8,2X,'Temperatura    :    20  graus
Celsius',2X,' Da      5ta :',A8,/)
      K=N1/7
      J=K
      L=K*2
      M=K*3
      N=K*4
      I1=K*5
      J1=K*6
      MI=NX
      MJ=J+NX
      ML=L+NX
      MM=M+NX
      MN=N+NX
      MI1=I1+NX
      MJ1=J1+NX
      DO 97 I=1,K
      MI=MI+1
      MJ=MJ+1
      ML=ML+1
      MM=MM+1
      MN=MN+1
      MI1=MI1+1
      MJ1=MJ1+1
      J=J+1
      L=L+1
      M=M+1
      N=N+1
      I1=I1+1
      J1=J1+1
      WRITE(3,35)MI,A(I),MJ,A(J),ML,A(L),MM,A(M),MN,A(N),MI1,A(I1),
1  MJ1,A(J1),
97  CONTINUE
35  FORMAT(7(I5,'- ',F8.3' |'))
      WRITE(3,700)
700  FORMAT(/,5X,'OBSERVACOES:')
      WRITE(3,710)
710  FORMAT(/,3X,'1.  Os valores de afericao fornecidos sao em
(mm)' )
      WRITE(3,660)SIG1
660  FORMAT(/,3X,'2.  Desvio padrao medio : 0'f4.3'mm')
      WRITE(3,740)
740  FORMAT(/,5X,'3.  A coluna da esquerda representa os tracos
numerad
      los da mira.')
      WRITE(3,750)

```

```

750  FORMAT(/,5X,'4.  Os valores de calibracao representam a
diferenca
      1entre o centro dos tracos da mira e o centro do primeiro
traco medido.')
```

RETURN

END

```

C-----
      SUBROUTINE DPA(A,B,SIG1,N1)
      DIMENSION A(600),B(600),G(600),Q(600),Q1(600),C(600)
      DO 10 I=1,N1
      G(I)=(A(I)+B(I))/2
10    CONTINUE
      DO 30 I=1,N1
      Q(I)=(A(I)-G(I))**2
      Q1(I)=(B(I)-G(I))**2
30    CONTINUE
      DO 35 I=1,N1
      C(I)=SQRT((Q(I)+Q1(I))/2.)
35    CONTINUE
      SOMA=0.
      DO 40 I=1,N1
      SOMA=SOMA+C(I)
40    CONTINUE
      SIG1=SOMA/N1
      RETURN
      END
```

```

C-----
      SUBROUTINE IMP1A(A,N1,NX)
      DIMENSION A(600)
      K=N1
      MI=NX
      DO 80 I=1,K
      MI=MI+1
      WRITE(4,860)MI,A(I)
80    CONTINUE
860  FORMAT(I6,':',F9.3)
      RETURN
      END
```

ANEXO C

OBSERVAÇÕES:

1 - Na página 127 apresenta-se um gráfico com a aferição da mira vertical de ínvar N^o 38422 utilizando as correções devido ao não alinhamento dos trilhos e sem utilizar tal correção.

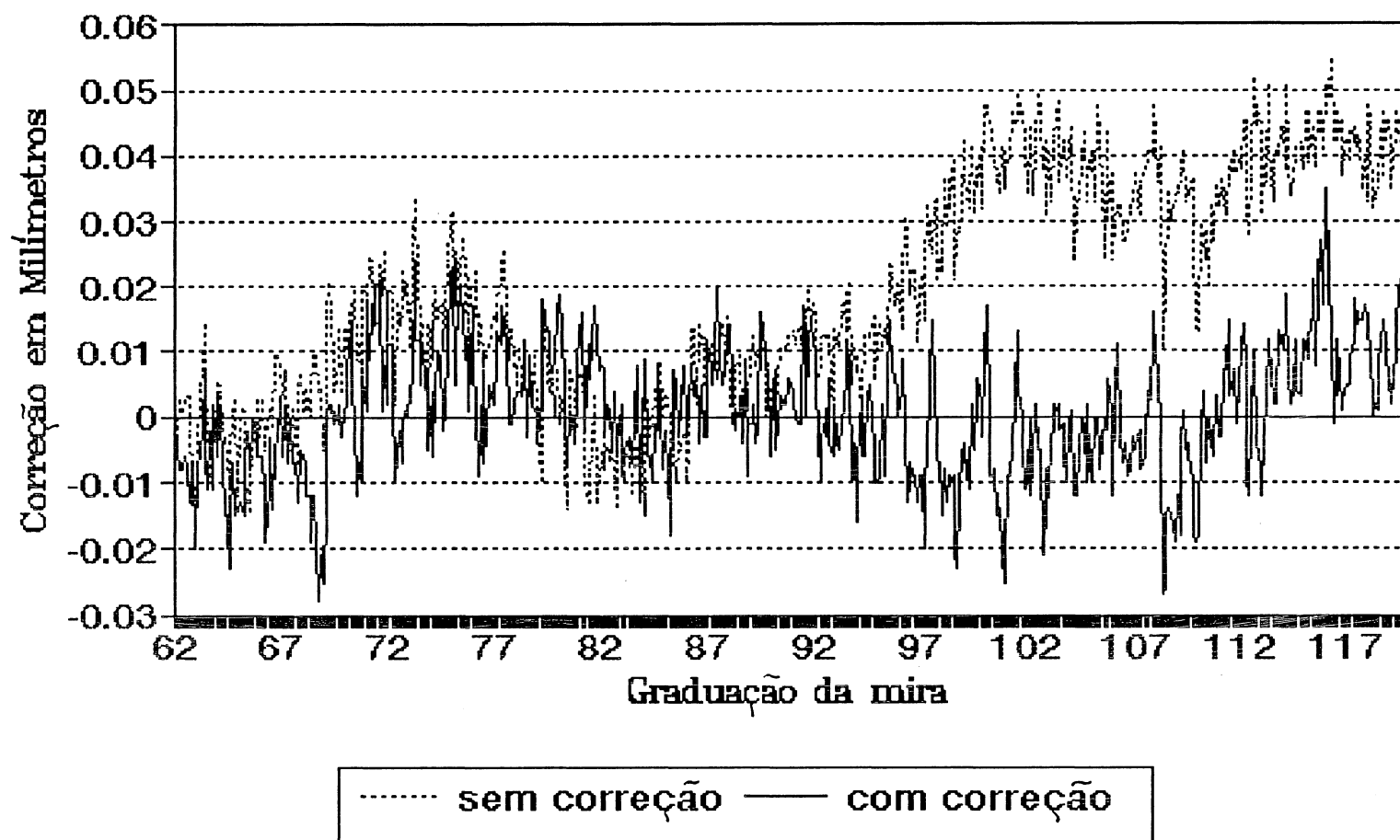
2 - Na página 128 apresenta-se um gráfico com a aferição da mira de ínvar N^o 38510 (lado direito), em diferentes épocas, com o sistema ótico-mecânico de pontaria; na página 129, o lado esquerdo.

3 - Na página 130 apresenta-se um gráfico com a aferição da mira de ínvar N^o 38366 (lado esquerdo), utilizando o microscópio fotoelétrico para obtenção das leituras.

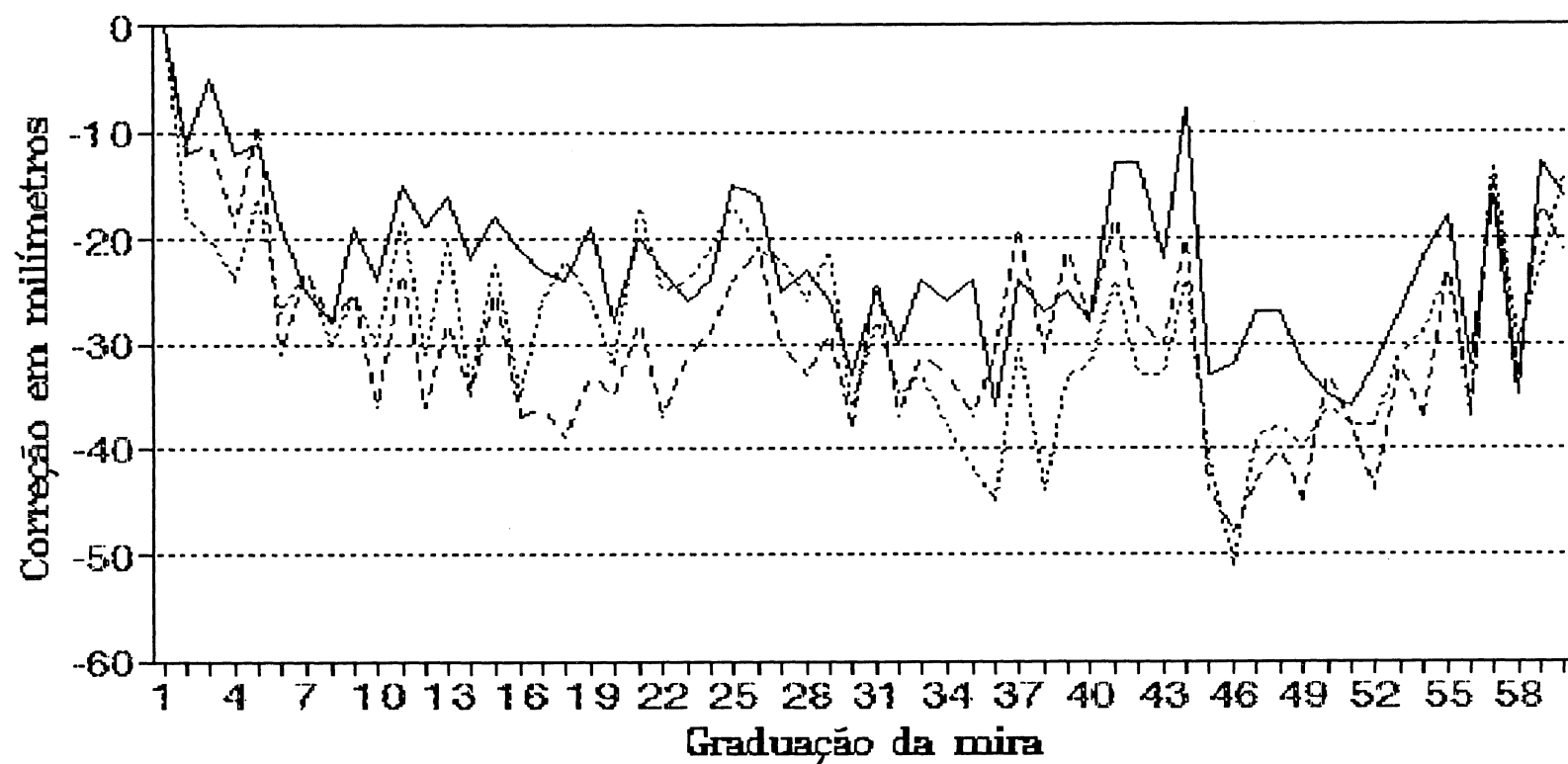
4 - Na página 131 apresenta-se o resultado da aferição da mira de ínvar 38366 (lado esquerdo), utilizando as correções devido ao não alinhamento dos trilho e sem utilizar essa correção.

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR 38366

COM E SEM CORREÇÃO (Lado Esquerdo)

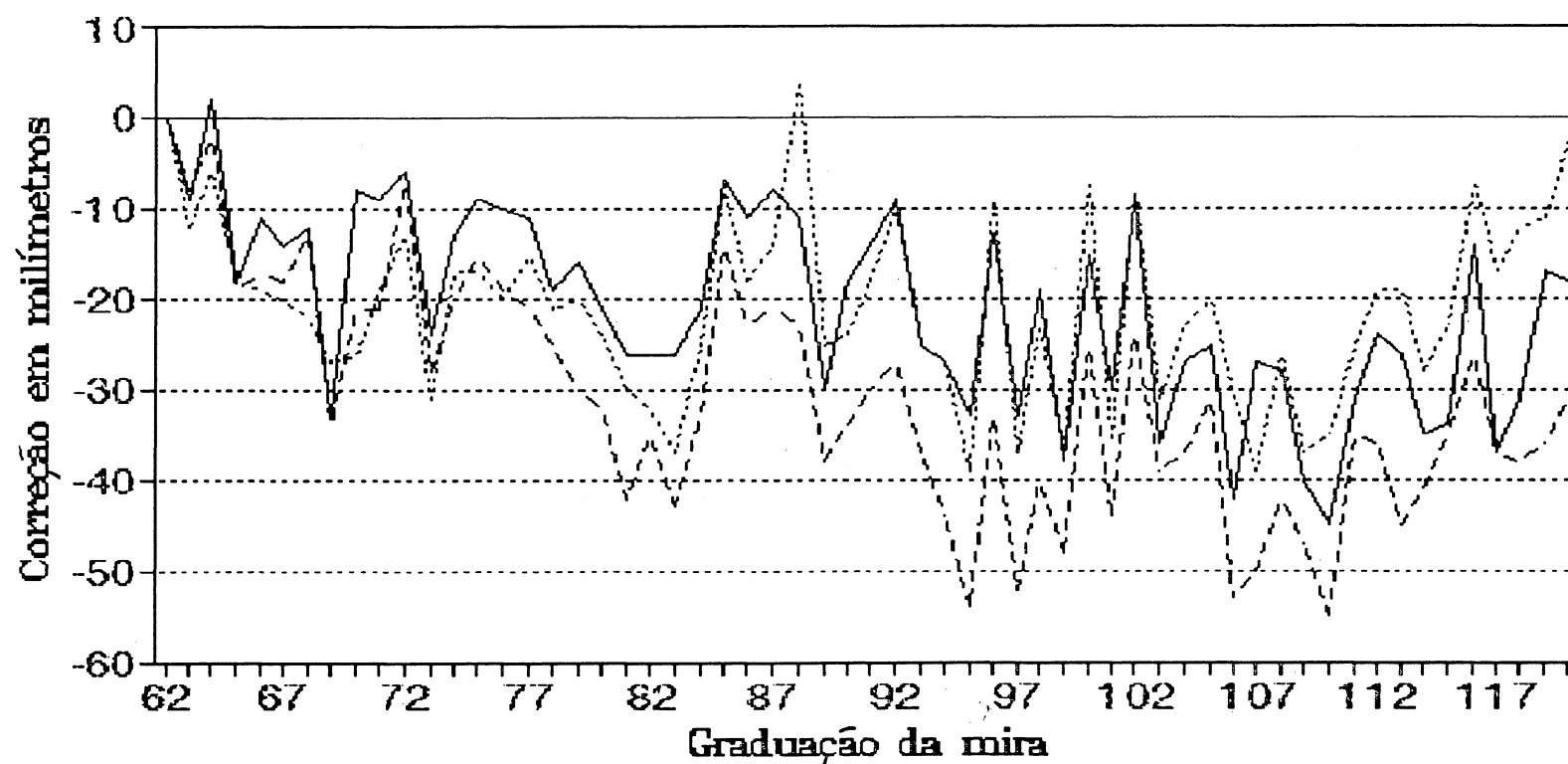


AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR 38510 EM DIAS DIFERENTES (Lado direito)



--- 27/08/91 — 25/09/91 17/10/91

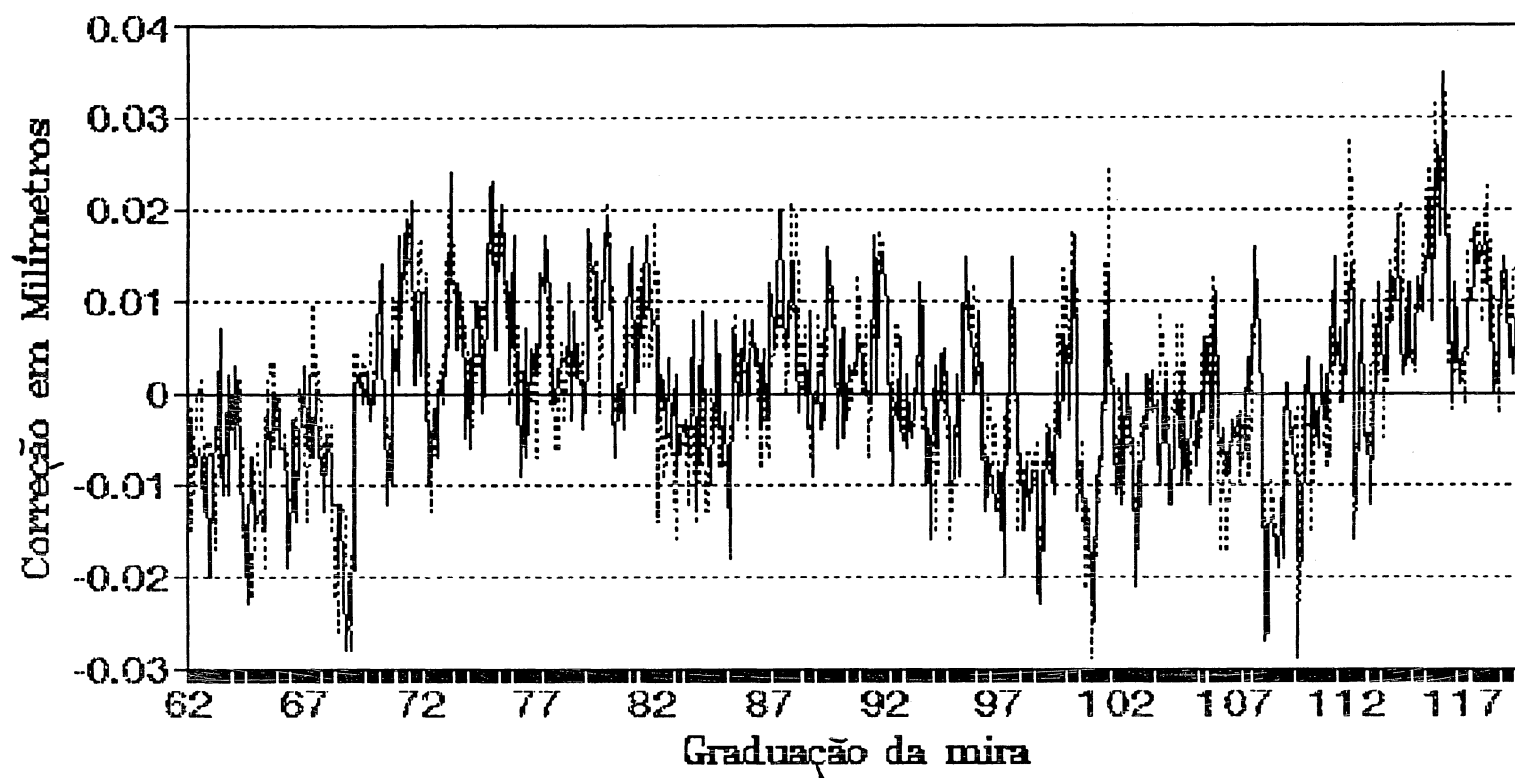
AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR 38510 EM DIAS DIFERENTES (Lado esquerdo)



--- 27/08/91 — 28/09/91 17/10/91

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR 38366

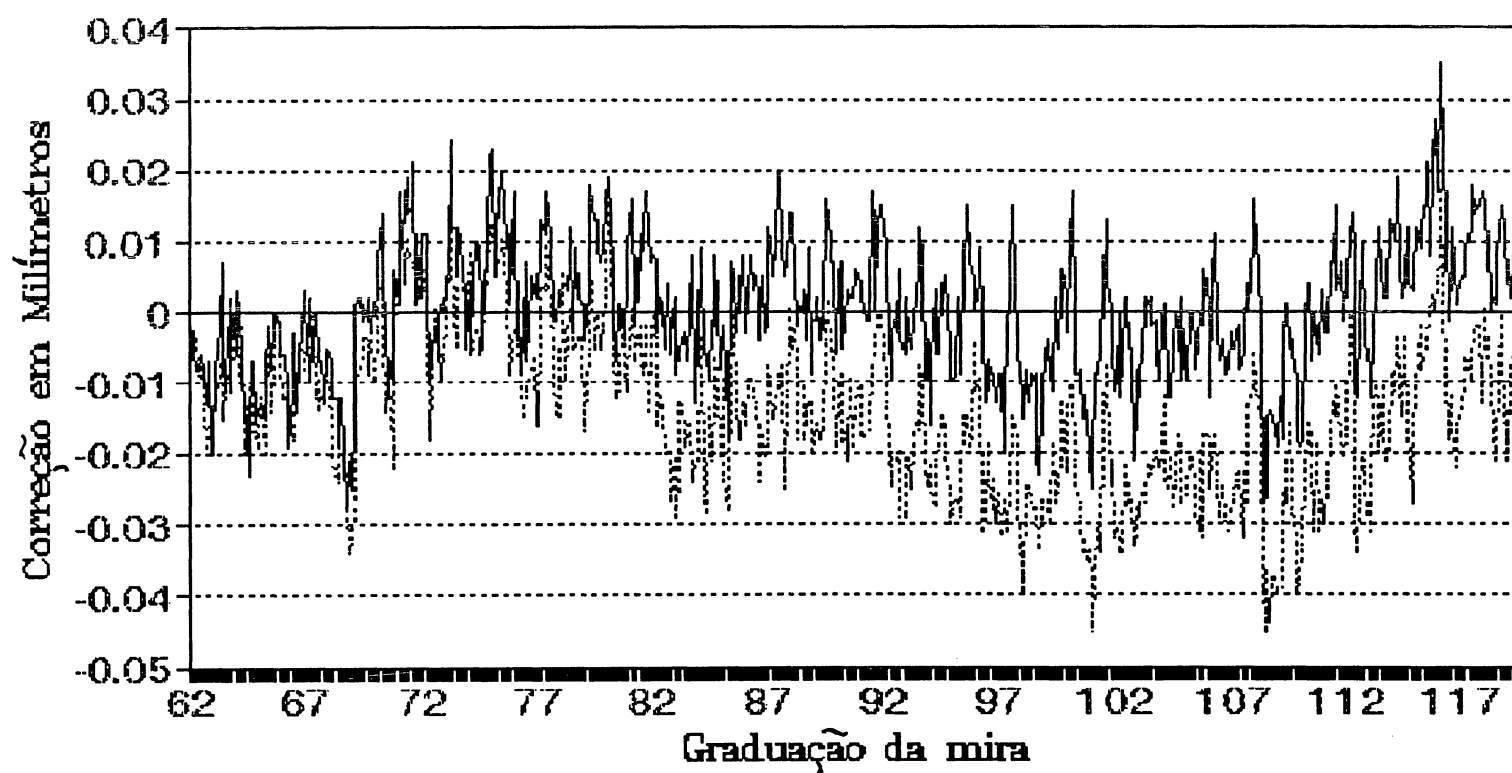
EM DIAS DIFERENTES (Lado Esquerdo)



..... 02/08/91 — 19/07/91

AFERIÇÃO DA MIRA DE ÍNVAR 38366

SENSIBILIDADE DIFERENTE (Lado Esquerdo)



..... sensibilidade 42.5 — sensibilidade 32.5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULETE, C. Dicionário contemporâneo da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Editora Delta. V3, 1985

BRASIL. Diretoria do Serviço Geográfico. Manual Técnico, nivelamento geométrico. Rio de Janeiro: 1960. 129p

BEDIENUNGSANLEITUNG LICHTQUELLEN. Hamburg: Classen+co. [s.n.]

DOUBEK, Â. Primeiros resultados obtidos com o uso de um interferômetro laser na UFPr. Boletim da UFPr. Geodésia Curitiba: nº 37, p. 19. 1988

----- Posicionamento da mira vertical de ínvar para aferição, Comunicação Pessoal. 1992.

----- Critério prático para análise da precisão dos resultados de aferição. Comunicação Pessoal. 1992.

FERREIRA, A. B. H. Novo Dicionário. Rio de Janeiro: editora Nova Fronteira S.A. 1980. 1499p.

GEMAEEL, C. Aplicação do cálculo matricial em geodésia 2º-parte: Ajustamento de observações. Curitiba: curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPr, 1974.

GOLDENBERG, J. Física geral e experimental. S. Paulo, Editora Nacional, 1973.

HEWLETT-PACKARD JOURNAL, v.21, n.10, June 1970

JAKSON, P. instrumentos Wild para instalación y mediciones de precisión en la industria y en laboratorio: Heerbrugg: Wild [197-]. 11p.

KERN AARAU, níveis, [s.l.], [ca 1960]. 27p

LASER MEANSUREMENT SYSTEM 5528A, Service Manual, Hewlett Packard Santa Clara, California: 1986.

----- USER'S GUIDE, Hewlett Packard Santa Clara, California: 1986.

PHOTOLEKTRISCHES MIKROSKOP. Stand: [s.n.], 1984

PONTES, A. B., DOUBEK, Â. Topografia: notas de aula Curitiba UFPr, DAST, 1981, 79p.

RÜEGER, J. M., Eletronic distance measurement, New York: Springer-Verlag. 1989. 265p.

TALYVEL 3, operator's instructions, Leicenter: Rank Talyvel Hobson, 13p.

TEODOLITO universal wild T2; Instrucciones para su empleo. Heerbrugg: wild, [ca. 1960]. 48p.

WEG, Servocon-scc. Manual do usuário, Weg, 1989, 28p

WILD, miras de precisión. Heerbrugg, [ca 1960]. 05p.

Wild, niveles de anteojo. Heerbrugg: [ca 1960]. 23p